COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 JUIN 1873.

PRÉSIDENCE DE M. DE QUATREFAGES.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Réflexions sur le Mémoire de* Lagrange *intitulé « Essai sur le Problème des trois Corps »* ; par M. J.-A. Serret (1).

« Le Chapitre premier du Mémoire de Lagrange *sur le Problème des trois Corps* mérite d'être compté parmi les travaux les plus importants de l'illustre auteur. Les équations différentielles de ce problème, lorsqu'on ne considère, ce qui est permis, que des mouvements relatifs, constituent un système du *douzième ordre*, et la solution complète exige en conséquence *douze* intégrations; les seules intégrales connues étaient celle des *forces vives* et les trois que fournit le principe des *aires :* il en restait donc *huit* à découvrir. En réduisant à *sept* le nombre des intégrations nécessaires pour l'achèvement de la solution, Lagrange a fait faire à la question un pas considérable, et les géomètres qui se sont occupés après lui du Problème des trois Corps ne sont pas allés au delà. Leurs efforts, cependant, n'ont pas été inutiles : des méthodes nouvelles et ingénieuses ont été proposées, comme, par exemple, celle que Jacobi a développée dans son célèbre Mémoire sur l'*Élimination des nœuds dans le Problème des trois Corps;* mais ces méthodes,

(1) L'Académie a décidé que cette Communication, bien que dépassant un peu, en étendue, les limites réglementaires, serait insérée en entier au *Compte rendu*.

comme celle de Lagrange, font dépendre la solution du Problème de *sept* intégrations.

» La méthode de Lagrange est des plus remarquables; elle montre que la solution complète du Problème exige seulement que l'on connaisse à chaque instant les côtés du triangle formé par les trois corps; les coordonnées de chaque corps se déterminent effectivement ensuite sans aucune difficulté. Quant à la recherche du triangle des trois Corps, elle dépend de trois équations différentielles, parmi lesquelles deux sont du *deuxième ordre*, et la troisième du *troisième ordre*. Ces équations renferment deux constantes arbitraires introduites, l'une par le principe des *forces vives*, l'autre par celui des *aires*, en sorte que les distances des corps sont des fonctions du temps, et de *neuf* constantes arbitraires seulement. Parmi les *douze* arbitraires que l'intégration complète doit introduire, il y en a donc *trois* qui ne figurent pas dans les expressions des distances, circonstances que l'examen des conditions du Problème permet d'ailleurs de mettre en évidence *a priori*.

» Préoccupé assurément de l'application qu'il voulait faire de sa nouvelle méthode à la *Théorie de la Lune*, application qui fait l'objet du Chapitre IV de son Mémoire, Lagrange a négligé d'introduire, dans ses formules, la symétrie que comportait son analyse, symétrie qu'un très-léger changement dans les notations permet de rétablir. Les masses des trois Corps étant représentées par A, B, C, Lagrange étudie les mouvements relatifs de B et C autour de A, et il est bientôt amené à introduire en outre, dans ses formules, les quantités qui se rapportent au mouvement relatif du Corps C autour de B. Une telle direction des calculs est incontestablement défectueuse, au point de vue de l'élégance mathématique, en ce sens que les coordonnées des trois orbites relatives considérées ne figurent pas symétriquement dans les formules; mais, pour éviter cet inconvénient, il suffit, comme je viens de le dire, d'une simple modification dans les notations de l'illustre auteur, et cette modification revient à introduire, au lieu des mouvements considérés : 1° le mouvement relatif du Corps B autour de C; 2° celui de C autour de A; 3° celui de A autour de B.

» Un habile géomètre allemand, M. Otto Hesse, a repris récemment l'analyse de Lagrange en se plaçant au point de vue que je viens d'indiquer, et il a publié son travail dans le tome LXXIV du *Journal de Crelle* (imprimé à Berlin, en 1872). M. Hesse ne considère que ce qu'il nomme le *Problème restreint*, c'est-à-dire celui qui a pour objet de déterminer à chaque instant le triangle des trois Corps; c'est à ce problème restreint que Lagrange a ramené d'ailleurs, comme je l'ai dit plus haut, le problème général. M. Hesse, auquel la Science est redevable de plusieurs travaux importants, a été moins

heureux ici qu'il ne l'avait été dans d'autres occasions. Non-seulement il n'a pas réussi à perfectionner la solution parfaitement rigoureuse que nous devons à Lagrange, mais une inadvertance l'a fait tomber dans une erreur grave, que j'indiquerai plus loin, et qui infirme absolument sa conclusion. Ajoutons que la notation particulière dont le géomètre allemand fait usage pour abréger l'écriture des formules ne paraît pas préférable à celle de son illustre devancier.

» Pour justifier les remarques qui précèdent, il est nécessaire d'entrer dans quelques détails; je le ferai d'une manière succincte, en introduisant dans l'analyse de Lagrange des modifications nécessaires pour rétablir la symétrie des formules, et en dégageant la solution de tout ce qui n'est qu'accessoire.

» 1. Soient x, y, z les coordonnées rectangles du Corps B par rapport à C; x', y', z' celles du Corps C par rapport à A; x'', y'', z'' celles de A par rapport à B; on aura

$$(1)\qquad x + x' + x'' = 0, \quad y + y' + y'' = 0, \quad z + z' + z'' = 0.$$

Soient aussi

$$(2)\quad r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}, \quad r' = \sqrt{x'^2 + y'^2 + z'^2}, \quad r'' = \sqrt{x''^2 + y''^2 + z''^2}.$$

» Les équations différentielles du mouvement forment trois groupes dont l'un est

$$(3)\qquad \begin{cases} \dfrac{d^2x}{dt^2} + \dfrac{A+B+C}{r^3}x - A\left(\dfrac{x}{r^3} + \dfrac{x'}{r'^3} + \dfrac{x''}{r''^3}\right) = 0, \\ \dfrac{d^2x'}{dt^2} + \dfrac{A+B+C}{r'^3}x' - B\left(\dfrac{x}{r^3} + \dfrac{x'}{r'^3} + \dfrac{x''}{r''^3}\right) = 0, \\ \dfrac{d^2x''}{dt^2} + \dfrac{A+B+C}{r''^3}x'' - C\left(\dfrac{x}{r^3} + \dfrac{x'}{r'^3} + \dfrac{x''}{r''^3}\right) = 0, \end{cases}$$

et dont les deux autres se déduisent du précédent en changeant x en y et en z. A cause des formules (1), les équations de chaque groupe peuvent être réduites à deux distinctes; ces équations coïncideraient avec les équations (A), (B), (C) de Lagrange, si l'on y faisait le simple changement de x, y, z, x'', y'', z'' en $-x'', -y'', -z'', -x, -y, -z$.

» Du groupe (3) et des deux groupes analogues, on déduit

$$\frac{x\,d^2y - y\,d^2x}{A\,dt^2} + \frac{x'\,d^2y' - y'\,d^2x'}{B\,dt^2} + \frac{x''\,d^2y'' - y''\,d^2z''}{C\,dt^2} = 0,$$

équation qui subsiste quand on exécute la substitution circulaire (x, y, z)

et qu'on répète cette substitution. On conclut de là les trois intégrales des aires, savoir :

$$(4)\quad \begin{cases} \dfrac{y\,dz - z\,dy}{A\,dt} + \dfrac{y'\,dz' - z'\,dy'}{B\,dt} + \dfrac{y''\,dz'' - z''\,dy''}{C\,dt} = a, \\ \dfrac{z\,dx - x\,dz}{A\,dt} + \dfrac{z'\,dx' - x'\,dz'}{B\,dt} + \dfrac{z''\,dx'' - x''\,dz''}{C\,dt} = b, \\ \dfrac{x\,dy - y\,dx}{A\,dt} + \dfrac{x'\,dy' - y'\,dx'}{B\,dt} + \dfrac{x''\,dy'' - y''\,dx''}{C\,dt} = c, \end{cases}$$

a, b, c étant trois constantes arbitraires.

» Ensuite, si l'on fait

$$(5)\quad u^2 = \frac{dx^2 + dy^2 + dz^2}{dt^2},\quad u'^2 = \frac{dx'^2 + dy'^2 + dz'^2}{dt^2},\quad u''^2 = \frac{dx''^2 + dy''^2 + dz''^2}{dt^2},$$

et que l'on ajoute ensemble les équations du groupe (3) et des deux analogues, après avoir multiplié ces équations respectivement par

$$\frac{2\,dx}{A},\quad \frac{2\,dx'}{B},\quad \frac{2\,dx''}{C},\quad \frac{2\,dy}{A},\quad \frac{2\,dy'}{B},\quad \frac{2\,dy''}{C},\quad \frac{2\,dz}{A},\quad \frac{2\,dz'}{B},\quad \frac{2\,dz''}{C},$$

on aura

$$(6)\quad d\left(\frac{u^2}{A} + \frac{u'^2}{B} + \frac{u''^2}{C}\right) + 2(A + B + C)\left(\frac{dr}{A r^2} + \frac{dr'}{B r'^2} + \frac{dr''}{C r''^2}\right) = 0,$$

ce qui donne, par l'intégration, l'équation des forces vives, savoir :

$$(7)\quad \left(\frac{u^2}{A} + \frac{u'^2}{B} + \frac{u''^2}{C}\right) - 2(A + B + C)\left(\frac{1}{A r} + \frac{1}{B r'} + \frac{1}{C r''}\right) = f,$$

f étant une constante arbitraire.

» 2. Posons

$$(8)\quad x'x'' + y'y'' + z'z'' = -p,\quad x''x + y''y + z''z = -p',\quad xx' + yy' + zz' = -p'',$$

ou, ce qui revient au même,

$$(9)\quad \frac{r'^2 + r''^2 - r^2}{2} = p,\quad \frac{r''^2 + r^2 - r'^2}{2} = p',\quad \frac{r^2 + r'^2 - r''^2}{2} = p'',$$

on aura

$$(10)\quad r^2 = p' + p'',\quad r'^2 = p'' + p,\quad r''^2 = p + p';$$

faisons en outre

$$(11)\quad \frac{1}{r'^3} - \frac{1}{r''^3} = q,\quad \frac{1}{r''^3} - \frac{1}{r^3} = q',\quad \frac{1}{r^3} - \frac{1}{r'^3} = q'',$$

ce qui donnera

$$(12) \qquad q+q'+q''=0, \quad \frac{q}{r^3}+\frac{q'}{r'^3}+\frac{q''}{r''^3}=0.$$

» Si l'on différentie deux fois la première équation (2), après l'avoir élevée au carré, on aura

$$\frac{1}{2}\frac{d^2(r^2)}{dt^2}=\left(x\frac{d^2x}{dt^2}+y\frac{d^2y}{dt^2}+z\frac{d^2z}{dt^2}\right)+u^2,$$

et cette formule subsiste quand on y remplace x, y, z, r, u par x', y', z', r', u' ou par x'', y'', z'', r'', u''. Si donc on multiplie les équations (3) par x, x', x'' respectivement, et qu'on ajoute ensuite chacune des équations résultantes avec celles qu'on en déduit par le changement de x en y et en z, on aura, en vertu de la formule précédente,

$$(13) \qquad \begin{cases} \frac{1}{2}\frac{d^2(r^2)}{dt^2}+\frac{A+B+C}{r}+A(p'q'-p''q'')-u^2=0, \\ \frac{1}{2}\frac{d^2(r'^2)}{dt^2}+\frac{A+B+C}{r'}+B(p''q''-p'q')-u'^2=0, \\ \frac{1}{2}\frac{d^2(r''^2)}{dt^2}+\frac{A+B+C}{r''}+C(pq-p'q')-u''^2=0. \end{cases}$$

Ces formules (13) répondent aux formules (F) de Lagrange, ou, ce qui revient au même, aux formules (K), en tenant compte des formules (J) de l'auteur.

» Ajoutons les quatre équations (13) et (7), après avoir divisé les trois premières par A, B, C respectivement, on aura

$$(14) \qquad \begin{cases} \left[\frac{1}{2A}\frac{d^2(r^2)}{dt^2}+\frac{1}{2B}\frac{d^2(r'^2)}{dt^2}+\frac{1}{2C}\frac{d^2(r''^2)}{dt^2}\right] \\ \quad -(A+B+C)\left(\frac{1}{Ar}+\frac{1}{Br'}+\frac{1}{Cr''}\right)=f. \end{cases}$$

» Cette équation coïncide avec l'équation (L) de Lagrange, quand on y permute les lettres r et r''; c'est une transformée de l'intégrale des forces vives; elle ne renferme que les seules distances r, r', r''.

» 3. D'après les formules (1), les trois quantités

$$(x'\,dx''+y'\,dy''+z'\,dz'')-(x''dx'+y''dy'+z''dz'),$$
$$(x''dx+y''dy+z''dz)-(x\,dx''+y\,dy''+z\,dz''),$$
$$(x\,dx'+y\,dy'+z\,dz')-(x'dx+y'dy+z'dz),$$

sont égales entre elles. Si l'on désigne par $\rho\, dt$ leur valeur, on aura par le moyen des formules (8),

$$(15)\begin{cases} x'dx''+y'dy''+z'dz''=\frac{1}{2}(-dp+\rho dt), & x''dx'+y''dy'+z''dz'=\frac{1}{2}(-dp-\rho dt), \\ x''dx+y''dy+z''dz=\frac{1}{2}(-dp'+\rho dt), & x dx''+y dy''+z dz''=\frac{1}{2}(-dp'-\rho dt), \\ x dx'+y dy'+z dz'=\frac{1}{2}(-dp''+\rho dt), & x'dx+y'dy+z'dz=\frac{1}{2}(-dp''-\rho dt). \end{cases}$$

» La quantité auxiliaire ρ que nous introduisons n'est autre chose que celle qui est désignée par $-\frac{d\rho}{dt}$ dans le Mémoire de Lagrange; il est évident que cette quantité peut être exprimée en fonction des vitesses u, u', u'', des distances r, r', r'' et de leurs différentielles dr, dr', dr''. En effet, considérons quatre directions respectivement parallèles à celles des rayons r, r' et des vitesses u, u'; soient L, M, N les cosinus des angles formés par la direction de r' avec les directions de u, u', r; L_1, M_1, N_1 les cosinus des angles formés par les directions de u' et r, de u et r, de u et u'. On aura entre ces six cosinus la relation connue

$$(16)\begin{cases} 1-(L^2+M^2+N^2+L_1^2+M_1^2+N_1^2)+(L^2L_1^2+M^2M_1^2+N^2N_1^2) \\ \quad +2(L_1MN+M_1NL+N_1LM+L_1M_1N_1) \\ \qquad\qquad -2(LL_1MM_1+MM_1NN_1+NN_1LL_1)=0. \end{cases}$$

On a d'ailleurs, par les formules précédentes,

$$(17)\begin{cases} L=-\frac{\rho dt+dp''}{2r'u\,dt}, & M=\frac{dr'}{u'dt}, & N=-\frac{p''}{rr'}, \\ L_1=\frac{\rho dt-dp''}{2ru'dt}, & M_1=\frac{dr}{u\,dt}, & N_1=-\frac{u^2+u'^2-u''^2}{2uu'}. \end{cases}$$

» Faisons, pour abréger, avec Lagrange,

$$(18)\qquad \frac{u'^2+u''^2-u^2}{2}=\nu,\quad \frac{u''^2+u^2-u'^2}{2}=\nu',\quad \frac{u^2+u'^2-u''^2}{2}=\nu'',$$

d'où

$$(19)\qquad u^2=\nu'+\nu'',\quad u'^2=\nu''+\nu,\quad u''^2=\nu+\nu',$$

et

$$(20)\begin{cases} \Sigma=r^2\rho^2-2\left(p'\frac{dp''}{dt}-p''\frac{dp'}{dt}\right)\rho+p'\left(\frac{dp''}{dt}\right)^2+p''\left(\frac{dp'}{dt}\right)^2+p\left(\frac{d(r^2)}{dt}\right)^2, \\ \Sigma'=r'^2\rho^2-2\left(p''\frac{dp}{dt}-p\frac{dp''}{dt}\right)\rho+p''\left(\frac{dp}{dt}\right)^2+p\left(\frac{dp''}{dt}\right)^2+p'\left(\frac{d(r'^2)}{dt}\right)^2, \\ \Sigma''=r''^2\rho^2-2\left(p\frac{dp'}{dt}-p'\frac{dp}{dt}\right)\rho+p\left(\frac{dp'}{dt}\right)^2+p'\left(\frac{dp}{dt}\right)^2+p''\left(\frac{d(r''^2)}{dt}\right)^2, \end{cases}$$

l'équation (16) deviendra, après la substitution des valeurs (17),

$$(21)\quad \left\{ \begin{aligned} &\left(\rho^2 + \frac{dp\,dp' + dp'\,dp'' + dp''\,dp}{dt^2}\right)^2 - 4(\Sigma v + \Sigma' v' + \Sigma'' v'') \\ &\qquad + 16(pp' + p'p'' + p''p)(vv' + v'v'' + v''v) = 0; \end{aligned} \right.$$

c'est précisément l'équation (N) de Lagrange. Si l'on suppose que u^2, u'^2, u''^2, y soient remplacées par leurs valeurs tirées des équations (12), la quantité auxiliaire ρ ne dépendra que des distances r, r', r'' et de leurs différentielles du premier et du deuxième ordre.

» 4. Puisque l'on a

$$(x\,dx' - x'\,dx) + (y\,dy' - y'\,dy) + (z\,dz' - z'\,dz) = \rho\,dt,$$

il s'ensuit par la différentiation

$$(x\,d^2x' - x'\,d^2x) + (y\,d^2y' - y'\,d^2y) + (z\,d^2z' - z'\,d^2z) = d\rho\,dt,$$

et, si l'on élimine les différentielles secondes des coordonnées au moyen des équations (3) et de celles qui s'en déduisent par le changement de x en y et en z, on aura

$$(22)\qquad \frac{d\rho}{dt} + \mathrm{A}pq + \mathrm{B}p'q' + \mathrm{C}p''q'' = 0;$$

cette équation n'est autre que l'équation (H) de Lagrange, en tenant compte du changement de notation.

» 5. Revenons maintenant aux équations (4) : on a identiquement

$$\begin{aligned} &(y\,dz - z\,dy)(y'\,dz' - z\,dy') + (z\,dx - x\,dz)(z'\,dx' - x'\,dz') + (x\,dy - y\,dx)(x'\,dy' - y'\,dx') \\ &\quad = (xx' + yy' + zz')(dx\,dx' + dy\,dy' + dz\,dz') - (x\,dx' + y\,dy' + z\,dz')(x'\,dx + y'\,dy + z'\,dz), \end{aligned}$$

et cette formule subsiste quand on écrit x', y', z' ou x'', y'', z'' au lieu de x, y, z ou bien x'', y'', z'' ou x, y, z au lieu de x', y', z'. D'après cela, si l'on fait

$$a^2 + b^2 + c^2 = k^2,$$

et que l'on ajoute les équations (4), après les avoir élevées au carré, on aura, en faisant usage de la précédente formule, ainsi que des formules (2), (5), (15) et (18)

$$(23)\quad \left\{ \begin{aligned} &\frac{1}{\mathrm{A}^2}\left[r^2u^2 - \frac{1}{4}\left(\frac{d(r^2)}{dt}\right)^2\right] + \frac{1}{\mathrm{B}^2}\left[r'^2u'^2 - \frac{1}{4}\left(\frac{d(r'^2)}{dt}\right)^2\right] \\ &\quad + \frac{1}{\mathrm{C}^2}\left[r''^2u''^2 - \frac{1}{4}\left(\frac{d(r''^2)}{dt}\right)^2\right] + \frac{2}{\mathrm{BC}}\left[pv - \frac{1}{4}\left(\frac{dp}{dt}\right)^2\right] \\ &\quad + \frac{2}{\mathrm{CA}}\left[p'v' - \frac{1}{4}\left(\frac{dp'}{dt}\right)^2\right] + \frac{2}{\mathrm{AB}}\left[p''v'' - \frac{1}{4}\left(\frac{dp''}{dt}\right)^2\right] = k^2 - \frac{\mathrm{A}+\mathrm{B}+\mathrm{C}}{\mathrm{ABC}}\rho^2, \end{aligned} \right.$$

ce qui est l'équation (H) de Lagrange.

» Si maintenant on suppose que u^2, u'^2, u''^2 soient remplacés partout par les valeurs tirées des formules (13), et que, par le moyen de l'équation (21), ρ soit éliminé des équations (22) et (23), celles-ci ne contiendront plus que les distances r, r', r''; la première sera du troisième ordre et l'autre du deuxième; en les joignant à l'équation (14), on obtiendra le système différentiel découvert par Lagrange. Ce qui précède résume la partie essentielle du Mémoire de l'auteur.

» 6. Différentions les équations (5) et remplaçons ensuite les différentielles secondes par les valeurs tirées des équations (3) et des analogues : on aura, en faisant usage des formules précédentes,

$$(24)\quad\begin{cases}\dfrac{d(u^2)}{dt}-2(A+B+C)\dfrac{d\frac{1}{r}}{dt}+A\left(q'\dfrac{dp'}{dt}-q''\dfrac{dp''}{dt}\right)+Aq\rho=0,\\[2ex] \dfrac{d(u'^2)}{dt}-2(A+B+C)\dfrac{d\frac{1}{r'}}{dt}+B\left(q''\dfrac{dp''}{dt}-q\dfrac{dp}{dt}\right)+Bq'\rho=0,\\[2ex] \dfrac{d(u''^2)}{dt}-2(A+B+C)\dfrac{d\frac{1}{r''}}{dt}+C\left(q\dfrac{dp}{dt}-q'\dfrac{dp'}{dt}\right)+Cq''\rho=0;\end{cases}$$

ces formules coïncident avec les équations (I) de Lagrange, quand on tient compte des équations (J) de l'auteur. M. Hesse leur substitue les trois combinaisons obtenues quand on les ajoute entre elles, après les avoir multipliées respectivement par $\frac{1}{A}$, $\frac{1}{B}$, $\frac{1}{C}$, puis par $\frac{1}{Ar^3}$, $\frac{1}{Br'^3}$, $\frac{1}{Cr''^3}$, puis enfin par p, p', p''. La première combinaison n'est autre chose que l'équation (6); la deuxième combinaison donne, en se servant des formules (12),

$$(25)\quad\begin{cases}\dfrac{1}{Ar^3}\dfrac{d\left(u^2-2\dfrac{A+B+C}{r}\right)}{dt}+\dfrac{1}{Br'^3}\dfrac{d\left(u'^2-2\dfrac{A+B+C}{r'}\right)}{dt}\\[2ex] \qquad+\dfrac{1}{Cr''^3}\dfrac{d\left(u''^2-2\dfrac{A+B+C}{r''}\right)}{dt}-\left(q^2\dfrac{dp}{dt}+q'^2\dfrac{dp'}{dt}+q''^2\dfrac{dp''}{dt}\right)=0;\end{cases}$$

enfin la dernière combinaison, qui seule contient ρ, est, en faisant usage de l'équation (22),

$$(26)\quad\begin{cases}\rho\dfrac{d\rho}{dt}=p\dfrac{d\left(u^2-2\dfrac{A+B+C}{r}\right)}{dt}+p'\dfrac{d\left(u'^2-2\dfrac{A+B+C}{r'}\right)}{dt}+p''\dfrac{d\left(u''^2-2\dfrac{A+B+C}{r''}\right)}{dt}\\[2ex] \qquad+Ap\left(q'\dfrac{dp'}{dt}-q''\dfrac{dp''}{dt}\right)+Bp'\left(q''\dfrac{dp''}{dt}-q\dfrac{dp}{dt}\right)+Cp''\left(q\dfrac{dp}{dt}-q'\dfrac{dp'}{dt}\right).\end{cases}$$

» Supposons que l'on différentie l'équation (23), ce qui fera disparaître l'arbitraire k, et que, de l'équation résultante, on tire la valeur de $\rho \frac{d\rho}{dt}$ pour la substituer dans l'équation (26). Alors, comme u^2, u'^2, u''^2 représentent les valeurs fournies par les équations (13), les équations (6), (25) et (26), qui sont toutes du troisième ordre et ne renferment aucune arbitraire, constitueront, d'après M. Hesse, le système différentiel duquel dépendent les distances r, r', r'', quand on ne fait pas intervenir les principes des forces vives et des aires. Enfin si, des mêmes équations (6), (25) et (26), on tire les valeurs de $d(u^2)$, $d(u'^2)$, $d(u''^2)$ pour les porter dans l'une des équations (24), celle-ci donnera, d'après le même géomètre, une valeur de ρ qui sera seulement du deuxième ordre; en portant cette valeur dans l'équation (23) et en joignant ensuite cette équation aux équations (14) et (26), on obtiendra un système composé de deux équations du deuxième ordre et d'une du troisième ordre, dans lequel figureront les deux constantes arbitraires f et k.

» Telle est la solution que M. Hesse propose de substituer à celle de Lagrange, solution qui serait évidemment beaucoup plus simple que celle de l'illustre auteur; mais il n'est pas difficile de se convaincre de l'inexactitude des résultats obtenus par M. Hesse, ou au moins de sa conclusion. Effectivement l'équation (26), après qu'on en a éliminé $\rho \frac{d\rho}{dt}$ par l'équation (23) différentiée, n'est pas autre chose que l'équation (6) multipliée par le facteur $\frac{r^2}{A} + \frac{r'^2}{B} + \frac{r''^2}{C}$; les trois équations du troisième ordre qui composent le premier système de M. Hesse ne sont donc pas distinctes. Le deuxième système du même géomètre ne saurait, en conséquence, avoir d'existence réelle, puisque les équations du premier système sont impropres à fournir les valeurs des différentielles du troisième ordre, ou, ce qui revient au même, les valeurs des différentielles $d(u^2)$, $d(u'^2)$, $d(u''^2)$. On ne saurait se dispenser, dans la recherche dont nous nous occupons, de tenir compte de l'équation (21), comme Lagrange a eu soin de le faire.

» Les réflexions qui précèdent ont été l'objet d'une Communication verbale que j'ai eu l'honneur de faire récemment au Bureau des Longitudes; la théorie qu'elles concernent a une si grande importance, que j'ai jugé utile de les présenter à l'Académie, en leur donnant un certain développement. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Comparaison des indices de réfraction dans quelques éthers composés isomères;* par MM. **Is. Pierre** et **Ed. Puchot.**

« Parmi les nombreux éthers composés dont nous avons fait l'étude, après les avoir préparés nous-mêmes et purifiés avec soin, il en est un certain nombre que l'on peut réunir par groupes binaires *isomères*.

» Parmi ces groupes, il s'en trouve dans lesquels la plupart des caractères physiques (densité, température d'ébullition, etc.) diffèrent assez peu pour qu'on soit tenté de les considérer comme identiques.

» Cependant chacun des éthers d'un même groupe conserve toujours la propriété caractéristique de reproduire, sous l'influence de la potasse caustique hydratée, l'alcool qui a fourni la base du composé, et l'acide combiné avec cette base, dans l'éther, forme alors avec la potasse un sel correspondant.

» Tels sont, par exemple, les groupes suivants :

I. Butyrate propylique.
Propionate butylique.

II. Valérianate éthylique.
Propionate butylique.

III. Valérianate éthylique.
Butyrate propylique.

IV. Acétate butylique.
Valérianate méthylique.

» Parmi les caractères physiques susceptibles d'une détermination facile et rigoureuse, on peut citer l'indice de réfraction; mais, pour que ce caractère ait toute sa valeur, il faut qu'il soit observé dans des conditions parfaitement définies. C'est ainsi que la température, en exerçant sur la densité des liquides observés une influence très-appréciable, peut modifier, par suite, d'une manière notable, l'indice de réfraction, en causant des variations d'un ordre plus élevé que celui des erreurs qu'on peut commettre dans la mesure de cet indice.

» Mais il se présente ici une question assez délicate : à quelles températures respectives conviendrait-il de comparer les indices de réfraction des deux substances isomères d'un même groupe? est-ce à la température ambiante, supposée la même dans les deux cas? est-ce à des températures également distantes de leurs températures d'ébullition respectives?

» Lorsque les deux substances à comparer ont la même densité, la même

température d'ébullition, le même coefficient de dilatation, il semble assez indifférent de choisir une température quelconque, la même, parce qu'on se trouve alors toujours dans des conditions comparables, et, en outre, à des températures équidistantes de celles de l'ébullition.

» Mais on ne saurait avoir en toute rigueur les mêmes motifs pour procéder ainsi, lorsque les deux liquides à comparer offrent de plus grands écarts dans l'expression numérique de leurs propriétés physiques fondamentales; cependant, comme les écarts de cette nature sont assez insignifiants, dans les quatre groupes qui ont plus particulièrement fixé notre attention, nous avons cru pouvoir admettre que, pour des différences minimes de température, l'indice de réfraction d'une même substance varie dans le même rapport que la densité. En nous fondant sur cette proportionnalité, et en tenant compte de cette circonstance que, dans un même groupe, la différence des températures d'ébullition est comprise entre 0°,2 et 1 degré, nous avons calculé les indices de réfraction à des températures équidistantes des températures d'ébullition, en faisant subir à la température d'observation une légère correction.

» Partant de l'ensemble de ces données, nous avons inscrit dans le tableau qui va suivre :

» 1° La densité de chaque liquide à zéro, d_0;

» 2° La densité à la température de son ébullition, d_t;

» 3° L'indice de réfraction observé à la température ambiante a (*), la même pour les deux liquides d'un même groupe, l_a;

» 4° L'indice ramené par le calcul à une température $a - \Delta$, moins élevée d'une quantité égale à la différence Δ des températures d'ébullition des deux liquides, $l_{(a-\Delta)}$:

	t	d_0	d_t	l_a	$l_{(a-\Delta)}$
I. Butyrate propylique.....	135°,0	0,887	0,745	1,3972	1,3972
Propionate butylique....	135,7	0,893	0,743	1,3981	1,3989
II. Valérianate éthylique....	135,5	0,886	0,744	1,3981	1,3981
Propionate butylique....	135,7	0,893	0,743	1,3981	1,3983
III. Butyrate propylique.....	135,0	0,887	0,745	1,3972	1,3972
Valérianate éthylique....	135,5	0,886	0,744	1,3981	1,3973
IV. Acétate butylique.......	116,5	0,905	0,778	1,3901	1,3901
Valérianate méthylique...	117,5	0,901	0,774	1,3937	1,3921

» Dans chacun de ces groupes, les deux composés isomères qui le for-

(*) Cette température a, dans nos expériences, a toujours été de 15 ou 16 degrés.

ment ont sensiblement les mêmes indices de réfraction, surtout lorsque ces indices sont ramenés, par le calcul, à des températures équidistantes de celles de leur ébullition. L'accord entre ces indices de réfraction paraît d'autant plus complet qu'il existe un moindre écart entre les expressions numériques des autres caractères physiques des éthers composés qui constituent le groupe.

» Si nous comparons deux groupes ayant des équivalents différents, celui qui a le moindre équivalent paraît avoir aussi le moindre indice de réfraction, alors même qu'il a une densité plus grande, soit à zéro, soit à la température d'ébullition.

» Pour deux éthers, formés par le même acide, il ne paraît pas exister de rapport bien facile à définir entre l'indice de réfraction et l'équivalent chimique ou la densité. En effet, si nous comparons, à ces divers points de vue, les valérianates éthylique et méthylique, nous voyons que, si le premier a l'équivalent le plus élevé et un indice de réfraction notablement plus considérable, il a la plus faible densité, soit à zéro, soit à la température d'ébullition.

» De même, si nous comparons entre eux deux éthers composés à base butylique, le propionate et l'acétate, c'est le premier qui a l'équivalent le plus élevé, l'indice de réfraction le plus grand; mais il a la plus faible densité, soit à zéro, soit surtout à la température d'ébullition.

» Il semblerait donc, s'il était permis de tirer une conclusion d'un aussi petit nombre de faits, que la grandeur numérique de l'indice de réfraction, au moins pour les éthers composés, dépend plus de l'équivalent chimique du corps que de sa densité, que cette dernière soit prise à température constante, à zéro par exemple, ou qu'elle soit prise à la température d'ébullition normale. »

M. P. Gervais fait hommage à l'Académie de la 9e et de la 10e livraison de l'Ouvrage qu'il publie, avec M. *Van Beneden*, sous le titre « Ostéographie des Cétacés ». Ces livraisons contiennent la fin de l'histoire des Balénidés ou Mysticètes, rédigée par M. Van Beneden, et le commencement de l'histoire des Cétodontes ou Cétacés pourvus de dents persistantes, dont M. Gervais s'est chargé. Les planches accompagnant ces deux nouvelles livraisons ont toutes trait aux Cétodontes.

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Associé étranger en remplacement de feu *J. von Liebig*.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 45,

M. Wheatstone obtient.	43 suffrages.
M. d'Omalius d'Halloy	2 »

M. **Wheatstone**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu. Sa nomination sera soumise à l'approbation du Président de la République.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'une Commission qui sera chargée de présenter une liste de candidats pour une place d'Académicien libre, laissée vacante par le décès de M. *de Verneuil*. Cette Commission doit se composer de deux Membres pris dans les Sections de Sciences mathématiques, de deux Membres pris dans les Sections de Sciences physiques, de deux Membres libres et du Président en exercice.

Les Membres qui ont obtenu le plus de voix sont :

Dans les Sections de Sc. mathématiques,	M. Élie de Beaumont. .	22	suffr.
»	M. Bertrand.	21	»
»	M. Chasles	19	»
Dans les Sections de Sciences physiques,	M. Dumas.	35	»
»	M. Chevreul.	22	»
»	M. Milne Edwards. . .	6	»
Parmi les Membres libres,	M. Passy.	20	»
»	M. Larrey.	19	»
»	M. Roulin.	18	»
»	M. Bussy.	17	»

En conséquence, la Commission se composera de M. de Quatrefages, Président, et de MM. Élie de Beaumont, Bertrand, Dumas, Chevreul, Passy, Larrey.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la théorie analytique des satellites de Jupiter.* Mémoire de M. SOUILLART, présenté par M. Puiseux. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires : MM. Faye, Puiseux, Lœwy.)

« Dans un premier travail, inséré au tome II (1re série) des *Annales scientifiques de l'École Normale supérieure*, j'ai appliqué la méthode dite de *la variation des constantes* à la recherche des formules par lesquelles on peut déterminer les perturbations du mouvement des satellites de Jupiter. Le but du Mémoire que j'ai l'honneur de soumettre aujourd'hui au jugement de l'Académie est, en premier lieu, de compléter le précédent en ce qui concerne les inégalités séculaires des excentricités et des longitudes des périjoves, et, en second lieu, de comparer les formules obtenues pour le calcul des longitudes et des rayons vecteurs, avec celles qu'on trouve pour le même objet dans la *Mécanique céleste*.

» Après avoir établi (*Mécanique céleste*, liv. VIII, nº 6) les équations qui déterminent les variations séculaires des excentricités et des périjoves, en tenant compte seulement de la première puissance de la force perturbatrice, Laplace est conduit (*Ibid.*, nº 17) à les compléter par l'addition de quelques termes qui dépendent des puissances supérieures. Seulement il emploie pour cela, sans aucune explication, un procédé qui n'est nullement en rapport avec sa méthode générale : on peut aisément reproduire ce calcul dans la marche que j'ai suivie, mais je m'en suis abstenu, le trouvant trop peu justifié, même et surtout après les remarques de Bowditch. Dans son premier Mémoire sur la même question (*Mémoires de l'Académie des Sciences pour* 1788, p. 337), Laplace avait employé un autre moyen beaucoup plus long, mais qui résulte naturellement de sa méthode, et donne la clef de celui qu'il y a substitué plus tard. Ce dernier n'est, en réalité, que l'une des formes de celui que fournit la méthode de la variation des constantes, quand on conserve dans les équations différentielles qui donnent les inégalités séculaires, outre les termes non périodiques du premier ordre par rapport à la force perturbatrice, les termes non périodiques d'ordres plus élevés. Laplace avait cru d'abord pouvoir se borner au deuxième ordre : son second procédé lui fit trouver aussi des termes sensibles dans le troisième; on peut reconnaître que le quatrième en présente de tout aussi importants, mais qu'on doit s'arrêter là. Il existe plusieurs moyens

de tenir compte des termes additionnels, et l'un de ces moyens conduit précisément à la forme d'équation que donne Laplace. C'est seulement après avoir apporté ainsi une plus grande approximation dans le calcul des inégalités séculaires, qu'il convient de comparer les formules que j'obtiens avec celles de la *Mécanique céleste*, en ce qui concerne les rayons vecteurs et les longitudes : sans cela, il arriverait que, pour un certain nombre d'entre elles, l'identité serait plus apparente que réelle. Cette comparaison est entièrement satisfaisante, si l'on se borne à prendre, dans mon Mémoire, les formules de la première approximation : il est à craindre d'ailleurs que l'incertitude des données numériques ne rende illusoire l'avantage des formules théoriquement plus exactes que j'ai indiquées en outre.

» Il y a cependant une différence qu'il faut signaler, relativement à un certain nombre d'inégalités, parce qu'elle acquiert de l'importance pour le cas des inégalités principales. Elle tient à un perfectionnement apporté par Laplace à sa méthode d'intégration, lequel a pour effet de changer un peu les dénominateurs qui s'introduisent; sans cette modification, ses formules n'auraient pas différé de celles que j'obtiens. Lorsqu'on applique à la méthode de la variation des constantes une correction équivalente, on peut retrouver identiquement les formules de la *Mécanique céleste ;* mais on peut aussi obtenir les mêmes formules débarrassées de toute correction, et sous cette dernière forme on doit, au point de vue de cette méthode, les considérer comme plus approchées. Il y a donc désaccord formel sur ce point : aussi, en ce qui concerne les grandes inégalités, il sera sans doute préférable de recourir aux formules plus exactes que j'indique pour la deuxième approximation.

» Les inégalités des rayons vecteurs ayant moins d'importance, Laplace s'occupe seulement de celles qui ne dépendent pas des excentricités : au reste, pour les longitudes elles-mêmes, certaines inégalités que j'obtiens ne se trouvent pas dans la *Mécanique céleste*, bien qu'elles ne paraissent pas insensibles. Il resterait à comparer les *équations séculaires*, mais sur ce point mon travail est incomplet, et il faudrait, pour en donner la formule, ou la rédaction en nombres, ou de nouvelles recherches théoriques relatives à la question des latitudes. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Recherches sur la réflexion de la chaleur solaire à la surface du lac Léman;* par M. L. **Dufour**.

(Commissaires : MM. Becquerel, Ch. Sainte-Claire Deville, Jamin.)

« J'ai observé la chaleur réfléchie par l'eau, en employant la méthode des boules noircies, creuses, avec thermomètre central, qui a été proposée autrefois par M. de Gasparin. Trois boules étaient utilisées : la première, protégée par des écrans convenables, donnait la température de l'air; la deuxième, protégée contre le rayonnement direct du Soleil, recevait la chaleur réfléchie par l'eau; la troisième, entièrement libre, s'échauffait sous l'influence de la chaleur directe et de la chaleur réfléchie.

» En se basant sur les indications fournies à un même moment par les trois boules, il est possible de déterminer le *rapport* entre la chaleur réfléchie par le lac et la chaleur directement rayonnée par le Soleil. Le calcul nécessaire pour obtenir ce rapport repose sur de nombreuses expériences préliminaires et sur des considérations dont les détails ne peuvent trouver place ici.

» Les observations ont été faites dans cinq stations, situées à diverses distances du lac et à diverses altitudes au-dessus de son niveau. Les deux stations les plus rapprochées sont tout à fait au bord de l'eau; la plus éloignée est à environ 400 mètres de distance horizontale et à une altitude de 263 mètres. Toutes sont situées sur le versant nord du lac Léman, entre Lausanne et Vevay.

» Diverses circonstances empêchent que des recherches comme celles dont il est ici question aboutissent à des résultats bien concordants d'une série à l'autre. La nécessité d'opérer en plein air et dans des conditions où l'atmosphère n'est jamais parfaitement calme; l'état constamment variable de la surface de l'eau; l'état inégal de diathermancie de l'air, malgré l'apparence d'une complète sérénité de l'atmosphère; l'absorption plus ou moins considérable d'une fraction de la chaleur réfléchie par les couches basses de l'air, avant que le rayon aboutisse aux instruments, etc., sont des causes perturbatrices qui n'ont pas permis d'obtenir des résultats très-réguliers. Ces résultats, cependant, sont assez nets pour autoriser quelques conclusions d'un certain intérêt physique et météorologique.

» 1. La plus forte *proportion* de chaleur réfléchie a été 0,68 de la chaleur incidente. Ce maximum a été observé deux fois, avec des hauteurs solaires de 4°38′ et 3°34′. Une proportion comprise entre 0,4 et 0,5 de

la chaleur incidente s'est rencontrée un certain nombre de fois pour des hauteurs solaires inférieures à 7° 27'. La proportion 0,3 à 0,4 a été plus fréquente pour des hauteurs solaires inférieures ou au plus égales à 11° 56'. La proportion 0,2 à 0,3 a été naturellement plus fréquente encore pour des hauteurs inférieures ou au plus égales à 16° 35'. La proportion de chaleur réfléchie par l'eau, lorsque la hauteur du Soleil était supérieure à 30 degrés, a été ou inappréciable ou inférieure à 0,01.

» 2. Il n'a pas pu être établi de loi reliant la proportion de chaleur réfléchie et la hauteur de l'astre. L'état variable de la surface de l'eau et l'absorption exercée par les couches d'air plus ou moins épaisses traversées par le rayon réfléchi, avant que ce rayon arrive aux appareils, sont probablement les deux causes qui empêchent la loi dont il s'agit de se manifester nettement dans les observations.

» 3. La proportion de chaleur réfléchie qui arrive aux stations éloignées n'augmente pas toujours à mesure que le Soleil s'abaisse vers l'horizon. Pour de faibles hauteurs du Soleil, cette proportion a été plusieurs fois inférieure à ce qu'elle était pour des hauteurs plus considérables. Cela est dû, probablement, au fait que, lors d'un soleil bas, les rayons se réfléchissent sur des régions du lac très-éloignées, et qu'avant d'arriver à la station ils traversent une épaisse couche d'air. L'absorption qu'ils subissent entre le point de réflexion et la station compense alors l'augmentation d'intensité due à l'accroissement de l'angle d'incidence.

» 4. En comparant les proportions de chaleur réfléchies dans divers états du lac, on peut indiquer, comme fait général, que cette proportion est plus grande lorsque la surface de l'eau est plus calme. Une seule des séries d'observations paraît faire exception à cette règle.

» 5. La *quantité réelle* de chaleur réfléchie peut s'obtenir en tenant compte, à chaque instant, de l'intensité du rayon direct et de la proportion que le lac réfléchit. La proportion réfléchie s'accroît à mesure que l'astre s'abaisse; mais l'intensité du rayon direct diminue. La combinaison de ces deux influences contraires aboutit à un maximum correspondant à une certaine hauteur de l'astre. L'existence de ce maximum se vérifie dans toutes les séries qui ont pu être prolongées jusqu'à un moment assez voisin du coucher du Soleil. On comprend d'ailleurs que la hauteur solaire correspondant au maximum varie suivant l'état de la surface de l'eau et suivant la diathermancie de l'air.

» 6. La quantité totale de chaleur que fournit la réflexion du lac à une station donnée, à partir du moment où cette réflexion devient sensible

jusqu'au coucher de l'astre, peut être comparée à celle qui est fournie directement par le Soleil pendant un temps moins prolongé. On trouve ainsi, par exemple, qu'à la station Dézaley, le 28 septembre, la réflexion a fourni une somme de chaleur à peu près égale à celle que le Soleil a rayonnée directement pendant les trois derniers quarts d'heure avant son coucher; à la station Tour-Haldimand, le 5 octobre, cette somme est à peu près équivalente à ce que le Soleil a fourni durant la dernière demi-heure, etc.

» 7. Des observations comparatives, faites avec les boules qui ont servi aux expériences et avec pyrhéliomètre direct, ont permis de transformer en quantités *absolues* les indications relatives fournies par ces boules. Après les réductions et les calculs convenables, on trouve les valeurs suivantes comme expression de la quantité absolue de chaleur réfléchie par le lac, sur *un* mètre carré d'une surface normale au rayon, depuis le moment où cette réflexion a commencé à être sensible jusque tout près du coucher du Soleil :

Station :	Ouchy, 12 septembre......	104	calories
»	Tour-Haldimand, 5 octobre.	84	»
»	Dézaley, 28 septembre.....	112	»
»	» 18 octobre........	134	»

» Ces nombres sont affectés d'une incertitude inévitable, à cause des diverses circonstances perturbatrices indiquées plus haut. Cette incertitude, toutefois, n'atteint sûrement pas un quart de leur valeur, et ils sont très-probablement inférieurs plutôt que supérieurs à la quantité réelle de chaleur fournie par la réflexion. Il est d'ailleurs bien évident que la quantité de chaleur réfléchie qui aboutit en un point de la côte varie suivant la hauteur et l'orientation de la station, suivant la déclinaison du Soleil, l'état du lac, etc. Les nombres qui précèdent se rapportent à certains cas déterminés; ce sont des exemples destinés à montrer quelle peut être, dans des occasions favorables, l'importance de cette réflexion aqueuse.

» 8. L'action réfléchissante de l'eau ne dépend sans doute pas de l'absence de salure, et les phénomènes qui ont été observés à la surface du lac Léman se produisent aussi, et très-probablement dans une mesure semblable, à la surface de la mer. Cette chaleur réfléchie n'est pas sans influence sur le climat des côtes convenablement orientées, et elle doit influer favorablement sur leur végétation.

» Le rapide accroissement de la proportion de chaleur réfléchie, pour des hauteurs de plus en plus faibles du Soleil, doit avoir pour conséquence

une perte assez importante de la chaleur solaire dans les régions maritimes des hautes latitudes. Dans les hautes latitudes, en effet, l'inclinaison plus grande des rayons aboutissant à la surface de l'eau doit donner lieu à une réflexion beaucoup plus abondante. Sans doute une portion de cette chaleur réfléchie est absorbée par l'atmosphère et contribue à son réchauffement; mais une autre portion doit se perdre vers les espaces célestes. La prédominance des mers dans les hautes latitudes australes doit avoir pour conséquence une utilisation moins grande, que dans l'hémisphère nord, de la chaleur rayonnée par le Soleil. »

CHIRURGIE. — *Des transplantations de moelle des os dans les amputations sous-périostées. Expériences physiologiques; Chirurgie.* Note de M. G. **Félizet**, présentée par M. Cloquet. (Extrait par l'auteur.)

« Cette étude a pour base : 1° une opération pratiquée sur un blessé de vingt-six ans ; 2° des expériences sur des chiens.

» 1° Les transplantations de moelle des os, dans un manchon formé par le périoste des os longs, présentent les conditions les plus favorables au succès de la greffe.

» 2° L'occlusion de la moelle greffée de la sorte, sous un manchon exactement suturé, a pour effet de produire la guérison des moignons osseux par un processus anatomo-pathologique, identique à celui qui préside à la formation du cal, d'abord cartilagineux, puis osseux, des fractures simples.

» 3° L'ouverture accidentelle du manchon ne rend pas impossible la greffe de la moelle; elle la rend incomplète en favorisant l'issue au dehors d'une partie du tissu transplanté. Elle a pour conséquence d'empêcher la formation des masses cartilagineuses. Elle entraîne l'ostéomyélite, au même titre que les sections simples des os à l'air libre dans les amputations ordinaires. »

M. **Decharme**, après avoir indiqué, dans une Communication précédente (1), les résultats généraux de ses expériences « sur le mouvement ascensionnel spontané des liquides dans les tubes capillaires », avait annoncé qu'il ferait connaître ultérieurement ses procédés d'expérimentation, ainsi que les tableaux numériques contenant les principaux résultats de

(1) *Comptes rendus*, t. LXXIV, p. 936; 1872.

ses expériences; enfin qu'il donnerait la formule générale de ce mouvement. Il vient aujourd'hui remplir cet engagement, en ce qui concerne la partie expérimentale.

(Renvoi à la Commission nommée.)

M. Davin appelle l'attention de l'Académie sur quelques faits qui paraissent constater l'efficacité, contre le choléra, du cuivre projeté en poudre impalpable dans l'atmosphère.

(Renvoi à la Commission du legs Bréant.)

M. Lailler adresse, comme suite à ses précédents travaux sur l'urine, des « Considérations sur la formation des calculs biliaires ».

(Renvoi à la Commission du Concours de Médecine et Chirurgie.)

M. Fauconnet adresse une suite à ses « Études sur diverses maladies simples et composées ».

(Renvoi à la Commission du Concours de Médecine et Chirurgie.)

M. E. Seguin adresse un Mémoire intitulé « Thermomètres physiologiques, applicables à la Médecine, à la Chirurgie, etc. ».

(Commissaires : MM. Becquerel, Cl. Bernard, Bouillaud.)

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° La 12e année des « Causeries scientifiques » de M. *H. de Parville;*

2° Un ouvrage de M. *de Valroger,* prêtre de l'Oratoire, intitulé « Genèse des espèces; études philosophiques et religieuses »;

3° Une brochure de M. *A. Perin,* intitulée « Nouvelles études sur le *Phylloxera* »;

4° Une brochure de M. *A. Duponchel,* intitulée « Le *Phylloxera;* guérison probable de la vigne par un traitement préventif, physiologique et naturel ».

Ces deux derniers ouvrages sont renvoyés à la Commission du *Phylloxera.*

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Nouvelles observations constatant la présence du magnésium sur le bord entier du Soleil; par* M. **Tacchini.**

« Palerme, 23 juin 1873.

» L'année dernière, j'ai eu l'honneur de communiquer à l'Académie mes observations sur la présence du magnésium sur le bord entier du Soleil; la première observation date du 18 juin 1872. Aujourd'hui, je me permets de revenir sur ce sujet : tout récemment, j'ai eu l'occasion de constater la présence du magnésium sur le bord entier, plusieurs fois de suite, du 20 au 23 juin. La correspondance presque exacte des dates semble indiquer une influence de la déclinaison de l'astre; mais, en discutant toutes les observations, j'ai déjà démontré, dans les *Memorie*, que cette visibilité du magnésium correspond à des conditions spéciales de la surface du Soleil.

» Du 14 au 16 du mois courant, il se produisit de belles protubérances; le matin du 20, elles avaient presque entièrement disparu, et une seulement continuait à se montrer, à cause de sa position : elle était à une distance polaire de 37 degrés. A 270 degrés, je trouvai un spectre métallique, et un autre à 108 degrés. Dans le spectre de 270 degrés, les lignes D disparaissaient peu à peu, puis on voyait le renversement; ces lignes redevenaient ensuite brillantes, et ainsi de suite. Le premier de ces spectres correspondait à une facule latérale à une tache qui était déjà sortie du bord à 265 degrés. Pour l'autre spectre, je ne puis rien dire, car les observations manquent pour le jour précédent; je crois cependant qu'il n'y avait pas de taches. L'observation des raies *b* a révélé, ce même jour, la présence du magnésium dans cinquante-quatre positions, jusqu'à 324 degrés du bord. Le jour suivant, 21, on vit encore une protubérance qui était située à 37 degrés du pôle nord, et une autre près de l'équateur ouest, et, dans les autres points, la chromosphère simple, mais assez vive, et interceptée par beaucoup de pointes très-vives caractéristiques; le magnésium était visible sur le bord entier, quoique l'atmosphère ne fût pas aussi favorable que le matin précédent. Le 22, le minimum des protubérances continua à se manifester : la chromosphère était toujours belle, vive et assez filamenteuse, et le magnésium était parfaitement visible sur tout le bord. Ce matin enfin, 23, quelques protubérances nouvelles se manifestèrent, mais dans des proportions limitées; le magnésium était encore visible sur le bord entier.

» L'intensité lumineuse des lignes *b* était en correspondance directe avec l'éclat de la chromosphère. A 270 degrés, j'ai trouvé un spectre métallique,

mais sur le bord je n'ai pu observer ni tache ni facule : j'espère pouvoir répéter demain l'observation, et je suis certain de trouver ou l'une ou l'autre. Avec les raies du magnésium on distinguait encore la raie 1474 de Kirchhoff.

» Le magnésium était donc abondamment répandu, avec le fer, dans toute la chromosphère, mais avec une intensité très-variable, et sans rapport marqué avec les pôles du Soleil, comme le montre la figure ci-jointe, qui donne la courbe de l'intensité lumineuse des raies *b*, notée



ce matin. Pour montrer encore que les observations ne sont pas influencées par la position relative du disque, j'ai tracé, sur la figure, le diamètre vertical du disque, qui donne les points les plus hauts et les plus bas du bord, pendant l'observation.

» Pour la journée du 22, aux extrémités de ce diamètre, il y a des dépressions dans la courbe, et la plus forte se trouve à l'extrémité supérieure : ce sont donc des variations réelles. En général, on voit que, même dans cette période, le phénomène est plus marqué ou plus continu au pôle nord, conformément aux observations précédentes, qui donnent également la chromosphère plus prononcée dans les régions nord du Soleil. La série entière des observations du magnésium et de la chromosphère, faites jusqu'à présent, montre donc clairement que dans l'hémisphère nord du Soleil l'activité est plus grande qu'au sud, et qu'à la présence générale du magnésium correspond un minimum dans le nombre des protubérances. Enfin je dois faire observer que, dans ce moment, le nombre des taches est encore un minimum. »

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur le désaccord qui existe entre l'ancienne théorie de la poussée des terres et l'expérience.* Note de M. J. CURIE, présentée par M. Belgrand.

« L'attention a été appelée, en 1848, par le général Ardant, dans le numéro 15 du *Mémorial de l'Officier du Génie*, sur les avantages que devaient présenter, d'après lui, les murs de revêtement à paroi intérieure inclinée, dont la pente est dirigée vers le remblai. Mais la règle qu'il a indiquée, en s'appuyant sur le principe de la théorie de la poussée des terres généralement admise, d'après lequel cette force ferait toujours avec la normale à la paroi intérieure l'angle φ' du frottement des terres contre les maçonneries, a conduit à des mécomptes.

» Dans le même volume a paru un Mémoire du lieutenant-colonel Audé, où sont décrites quelques expériences sur des revêtements à parois intérieures inclinées. Les résultats qu'il a constatés, inexplicables par la théorie ordinaire, ont été attribués à des erreurs d'expérimentation dans un troisième Mémoire, rédigé sous la direction du général Poncelet, où ces résultats sont discutés.

» Nous rappelons que, dans l'ancienne théorie qu'il est permis de considérer comme une simplification de la théorie de M. Maurice Levy, simplification consistant à admettre, pour faciliter le calcul et à titre de simple moyen d'approximation, que les surfaces de glissement sont planes, on peut regarder la poussée comme donnée par la décomposition du poids Q du prisme de rupture en deux forces, l'une faisant l'angle φ du talus naturel des terres avec la normale au plan de rupture, l'autre l'angle φ' du frottement des terres contre les maçonneries avec la normale à la paroi intérieure du mur, ce qui donne, pour l'expression de cette poussée,

$$\Pi = Q \frac{\cos(\varphi + V)}{\sin(\varphi + \varphi' + \varepsilon + V)}.$$

» Soient d'ailleurs λ l'angle que fait, avec la verticale, la perpendiculaire BN au côté du profil rencontré par le plan de rupture, η l'angle avec BN du côté BI du triangle BIR de surface équivalente au profil du prisme de rupture, et u l'angle du plan de rupture BR avec BN; l'angle $V - \lambda = u$, pour lequel la poussée est maximum, est donné par la formule

$$\operatorname{tang} u \quad \text{ou} \quad \omega = -\operatorname{tang}(\varphi + \varphi' + \varepsilon - \lambda) + \sqrt{[\operatorname{tang}(\varphi + \varphi' + \varepsilon - \lambda) - \operatorname{tang}\eta][\operatorname{tang}(\varphi + \varphi' + \varepsilon - \lambda) - \cot(\varphi - \lambda)]},$$

formule qui correspond à la construction graphique indiquée sur la figure ci-jointe, et qui donne immédiatement tang V quand $\lambda = 0$.



» Soit, du reste, $BN = t$, on a

$$Q = \frac{1}{2} p t^2 (\tang \eta + \tang u),$$

p représentant le poids du mètre cube de terre; il est donc facile de calculer la poussée maximum Π.

» Dans le cas général, les plans de rupture successifs correspondant à des positions du point B variables entre le sommet de la paroi intérieure et son point le plus bas ne sont pas parallèles entre eux. On doit considérer, pour chaque élément infiniment petit de la paroi BH_1, la poussée qu'il supporte, poussée qui n'est autre que la différentielle de Π. Par une construction graphique, on détermine une courbe dont l'aire représente le moment de la poussée, et, en divisant l'aire totale par cette poussée Π, on obtient le bras du levier et, par suite, le point d'application de cette force.

» Lorsque le profil du prisme de rupture est de forme triangulaire, le point d'application est situé au tiers de la hauteur de la paroi à partir de son point le plus bas; car alors tous les plans de rupture sont parallèles entre eux, et la poussée varie proportionnellement au carré de la hauteur de la paroi.

» Les considérations qui précèdent suffisent pour l'application de l'ancienne théorie aux expériences dont nous avons à nous occuper.

» De 1855 à 1859, ayant eu à construire au Havre un mur de revêtement à paroi intérieure inclinée, nous avons été conduit à faire une expérience qui nous a paru tellement en contradiction avec la théorie reçue que nous avons dû, après un examen attentif des bases sur lesquelles elle s'appuie, nous arrêter à une nouvelle théorie. Nous l'avons développée d'abord dans un Mémoire en date du 24 mars 1859 qui existe au Dépôt des fortifications, puis dans une rédaction refondue de ce travail qui a été présentée à l'Académie le 21 décembre 1868, et enfin dans un Ouvrage que nous avons publié en 1870. En outre, dans une Note qui a été présentée à l'Académie dans sa séance du 27 mars 1871, nous avons fait connaître les objections que nous opposons à la théorie de M. Maurice Levy; nous avons cherché à établir que, dans un remblai dépourvu de cohésion, les surfaces de rupture sont bien rigoureusement planes; et nous avons fait voir que si M. Collin est arrivé, dans l'Ouvrage qu'il a publié en 1846, à conclure, à la suite de nombreuses expériences, que les surfaces d'éboulement dans les terrains argileux ont pour profil des cycloïdes, pour expliquer ce fait qui ne peut être attribué qu'à d'abondantes infiltrations produites par de fortes pluies, il suffit de remarquer que les eaux ont dû nécessairement s'écouler suivant la *brachistochrone* qui, comme on sait, n'est autre que la cycloïde.

» La différence entre les résultats de notre théorie et ceux de l'ancienne théorie est peu marquée dans le cas des revêtements à paroi intérieure verticale. Les expériences du colonel Audé ne sont pas assez précises pour pouvoir être concluantes dans de telles conditions.

» Dans le cas d'une paroi intérieure inclinée, si nous comparons le point de la base par rapport auquel le moment qui tend au renversement est nul, nous constatons que l'écart est à peu près moindre de moitié, quand on compare notre théorie à ses expériences, que quand on applique l'ancienne théorie.

» Comme nos premières expériences de 1859 et de 1869, bien que justifiant pleinement notre théorie, laissaient à désirer, les unes par suite de l'emploi d'une disposition défectueuse, les autres à cause de la petitesse de l'échelle à laquelle elles ont été faites, nous avons sollicité le concours de l'*Association scientifique* pour les refaire dans de meilleures conditions. Nous communiquerons prochainement à l'Académie le résultat de ces nouvelles expériences. Depuis qu'elles ont été commencées, nous avons eu connais-

sance d'un ouvrage de M. Winkler (Vienne, 1872) qui est arrivé de son côté à une théorie semblable à celle de M. M. Levy, et qui, ne trouvant pas un accord suffisant entre sa théorie et les expériences du colonel Audé ou les siennes propres, en a entrepris de nouvelles dont il fera connaître ultérieurement les résultats. »

PHYSIQUE. — *Note sur le magnétisme;* par M. **J.-M. Gaugain** (1).

(Renvoi à la Commission du prix Trémaux.)

« 32. Dans une précédente Note (*Comptes rendus*, 13 janvier 1873), j'ai indiqué les modifications qui se produisent dans l'état magnétique d'un aimant en fer à cheval, lorsqu'on applique une armature de fer doux contre les faces polaires, et j'ai dit que, pour s'en rendre un compte exact, il suffisait de tracer les courbes de désaimantation avant et après l'application de l'armature; il me paraît utile d'indiquer la marche que je suis, pour obtenir la courbe de désaimantation appartenant au cas où l'armature est appliquée. Pour déterminer le courant de désaimantation qui correspond à un point donné M de l'aimant, je fais deux opérations : d'abord je mesure, par la méthode du n° 20, le courant de désaimantation qui correspond au point M, lorsque l'armature est mise de côté ; ensuite, je place, sur ce même point, le toron de fils dont je me suis servi pour la première détermination ; je mets l'armature en place et je l'arrache brusquement ; le courant induit qui résulte de cet arrachement correspond à la diminution d'aimantation qui se produit au point M, par suite de l'enlèvement de l'armature, et, par conséquent, la somme des deux déviations obtenues représente le courant de désaimantation qui se produirait à ce même point, si l'on pouvait subitement anéantir l'aimantation sans déplacer l'armature.

» 33. Lorsqu'on applique une armature de fer doux contre les faces polaires d'un aimant en fer à cheval, l'aimantation causée par les courants d'induction se trouve augmentée dans toute l'étendue du fer à cheval et même au talon ; il n'y a de diminution nulle part. Je crois devoir insister sur ce résultat, parce qu'il me paraît difficile à concilier avec l'idée, généralement admise, d'une condensation de magnétisme qui s'opérerait dans le voisinage de la surface du contact : si le magnétisme venait s'accumuler près de cette surface, comme on le suppose, il faudrait bien qu'il diminuât

(1) Les numéros placés en tête des divisions de cette Note font suite à ceux des Notes précédentes.

quelque part, et, comme je viens de le dire, l'expérience prouve qu'il augmente partout. Je crois donc que l'idée de condensation doit être abandonnée.

» J'ajouterai les observations suivantes : 1° Même après l'application de l'armature, le courant de désaimantation qui correspond au talon, c'est-à-dire au point milieu de la courbure du fer à cheval, reste supérieur, et quelquefois même de beaucoup, aux courants de désaimantation qui correspondent aux extrémités des branches de l'aimant; 2° lorsque l'armature présente elle-même la forme d'un fer à cheval et qu'elle a la même section que l'aimant, les courants de désaimantation sont à peu près égaux dans le voisinage immédiat de la surface de contact, du côté de l'aimant et du côté de l'armature; 3° quand l'armature en fer à cheval n'a pas une très-grande longueur, l'aimantation est presque uniforme dans toute son étendue : le magnétisme accusé par l'induction ne s'affaiblit que d'une assez petite quantité, même au talon de l'armature.

» 34. Lorsqu'un barreau de fer doux est appliqué en un point de la surface d'un aimant en fer à cheval, perpendiculairement à cette surface, on sait que l'intensité magnétique se trouve diminuée tout autour du barreau, et l'on explique généralement cette diminution en admettant que le magnétisme attiré par le fer doux vient se condenser près de la surface de contact de l'aimant et du barreau. Cette interprétation me paraît en désaccord avec les faits que je vais indiquer : Si, avant d'appliquer le barreau de fer doux, on trace la courbe de désaimantation de la branche du fer à cheval sur laquelle on opère, et qu'ensuite on détermine les modifications que cette courbe subit par suite de l'application du barreau, voici ce qu'on trouve : la courbe se trouve coupée en deux; la partie située entre le barreau et l'extrémité de la branche du fer à cheval s'abaisse, et la partie située entre le barreau et le talon s'élève; ce qui veut dire que l'aimantation diminue d'un côté et augmente de l'autre. Or je ne vois pas comment la condensation du magnétisme, dans le voisinage du fer doux, expliquerait l'accroissement d'aimantation qui se produit dans toute la région située du côté du talon. Lorsqu'on se place au point de vue que j'ai adopté, il est facile, au contraire, d'expliquer comment les modifications de sens opposés que subissent les deux parties de la courbe de désaimantation ont pour résultat, l'une et l'autre, de diminuer l'intensité magnétique; cette intensité, en effet, dépend de l'inclinaison de la courbe de désaimantation, et l'on peut reconnaître que cette inclinaison diminue en même temps pour les deux parties de la courbe.

» 35. J'ai supposé, dans l'expérience précédente, que l'on employait un barreau droit de fer doux de section quelconque; quand on emploie une armature en forme de fer à cheval, de même section que l'aimant, et qu'on l'applique perpendiculairement à l'aimant à une certaine distance des extrémités de ses branches, on trouve encore que l'aimantation est augmentée du côté du talon et diminuée du côté opposé; mais, en outre, on peut constater la relation très-simple que voici. Si l'on mesure : 1° le courant de désaimantation qui correspond à la tranche de l'aimant voisine de l'armature, du côté du talon; 2° le courant de désaimantation qui correspond à la tranche de l'aimant voisine de l'armature, du côté de l'extrémité polaire; 3° le courant de désaimantation qui correspond à la tranche de l'armature voisine de l'aimant, on trouve que le premier de ces trois courants est presque rigoureusement égal à la somme des deux autres.

» 36. J'ai dit dans ma Note du 13 janvier (n° 28) que l'intensité magnétique déterminée par la méthode que j'ai indiquée (n° 15, Note du 9 septembre 1872), varie en général dans le même sens que l'intensité magnétique mesurée par l'une des méthodes anciennement connues; mais j'ai ajouté que je n'avais point établi de comparaison rigoureuse entre ces méthodes et la mienne. Depuis lors, j'ai déterminé les intensités des divers points d'un barreau aimanté, de 8 millimètres de diamètre et 340 millimètres de longueur, d'abord en me servant de ma méthode, puis en employant la méthode des oscillations de Coulomb; j'ai représenté les résultats obtenus au moyen de deux courbes, et j'ai trouvé que ces deux courbes se superposent dans la plus grande partie de leur étendue, lorsqu'on les rapporte aux mêmes axes et que les échelles sont convenablement choisies; elles ne se séparent que dans le voisinage des extrémités du barreau. Ainsi, lorsqu'on fait abstraction des parties du barreau placées près des extrémités, il est établi que l'intensité magnétique mesurée par la méthode des oscillations est proportionnelle à l'intensité magnétique mesurée au moyen des courants d'induction. Or j'ai fait remarquer précédemment que cette dernière intensité est proportionnelle à la dérivée $\frac{dy}{dx}$, quand on représente la courbe de désaimantation par l'équation $y = f(x)$; d'autre part, si l'on assimile un barreau aimanté à un solénoïde composé de petits circuits équidistants, parcourus par des courants de même sens et d'intensités variables, la courbe de désaimantation représente, au moins approximativement, la loi suivant laquelle varie le courant solénoïdal (en supposant toujours qu'on laisse de côté les parties du barreau voisines des extrémités). Il résulte de

là que l'intensité magnétique mesurée par la méthode des oscillations est elle-même proportionnelle à la dérivée de la fonction qui représente la loi suivant laquelle varie l'intensité du courant solénoïdal. Dans tous les cas, les phénomènes d'induction se trouvent rattachés aux phénomènes d'attraction magnétique par une relation très-simple.

» 37. Comme je l'ai dit plus haut, la courbe qui représente les résultats fournis par la méthode des courants d'induction et celle qui représente les résultats obtenus par la méthode des oscillations cessent de se confondre dans le voisinage de l'extrémité du barreau; dans les conditions où j'ai opéré, la séparation devient sensible à 40 millimètres environ de cette extrémité : à partir de cette distance, la première des deux courbes continue à s'élever; elle prend, à l'extrémité du barreau, une direction presque horizontale, mais elle ne s'abaisse pas. La deuxième courbe continue aussi à s'élever à partir du point de séparation; mais, en restant au-dessous de la première; elle atteint son maximum à 211 millimètres environ de l'extrémité du barreau, et s'abaisse ensuite très-notablement. Il résulte de là que, dans le voisinage des extrémités du barreau, la relation simple que j'ai indiquée tout à l'heure, entre l'intensité magnétique et l'intensité du courant solénoïdal, n'existe plus. On conçoit aisément d'ailleurs qu'il en soit ainsi : lorsqu'on considère, en effet, la partie du barreau voisine de l'extrémité, il est facile de voir que l'action attractive exercée sur une aiguille aimantée ne peut plus dépendre exclusivement de la rapidité plus ou moins grande avec laquelle l'intensité du courant solénoïdal croît ou décroît, quand on passe d'un circuit à un circuit voisin, et, d'un autre côté, cette intensité n'est plus représentée par la courbe de désaimantation. »

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Sur le refroidissement et la congélation des liquides alcooliques et des vins.* Note de M. **Melsens**. (Extrait.)

« 1. On sera, peut-être, étonné qu'on puisse trouver excellente de l'eau-de-vie portée à 20 degrés et même à 30 ou 35 degrés au-dessous de zéro; le produit a paru pourtant exquis aux dégustateurs, et souvent d'autant plus moelleux qu'il était plus froid.

» Lorsqu'on refroidit l'eau-de-vie jusqu'à — 30 degrés environ, il faut se servir de petits godets en bois pour éviter la sensation du verre froid.

» Vers 30 degrés au-dessous de zéro, les liquides alcooliques, renfermant environ la moitié de leur volume ou de leur poids d'alcool absolu, deviennent visqueux, sirupeux et parfois opalins. Ces liquides représentent

les eaux-de-vie de consommation courante, *rhum* ou *cognac*, etc., dont la composition correspond à peu près à la formule $C^2H^6O, 3H^2O$, représentant 54 pour 100 d'eau et répondant au maximum de contraction des mélanges d'eau et d'alcool.

» J'ai fait solidifier les eaux-de-vie (*cognac* ou *rhum*), d'abord vers — 40 ou — 50 degrés; si on les prend à la cuiller, en guise de glace ou de sorbet glacé, on est réellement étonné de la faible sensation de froid produite sur les organes.

» La pâte qui fond sur le langue paraît moins froide que les *glaces* ordinaires; beaucoup de dégustateurs, auxquels on a donné du cognac ou du rhum glacé, ont eu de la peine à admettre qu'ils avaient sur la langue des glaces qu'on aurait pu leur servir dans un vase en mercure congelé, et qu'ils supportaient, sans inconvénients, le contact d'une substance refroidie par l'évaporation de l'acide carbonique solide, mélangé ou non d'éther, capable de produire sur la peau la sensation et l'effet d'une véritable brûlure.

» Mon savant confrère, M. Donny de Gand, qui a répété mes expériences, m'écrit : *plus de cent personnes ont goûté ce genre de glaces nouvelles, et toutes les ont trouvées agréables, à une température comprise entre* 40 *et* 50 *degrés au-dessous de zéro.*

» Il faut aller jusqu'à — 60 degrés pour que l'on dise : *c'est froid;* rarement même ai-je entendu dire : *c'est très-froid.*

» La température la plus basse que j'aie expérimentée a été de — 71 degrés. Si la quantité est considérable, cette glace produit un effet analogue à celui d'une cuillerée de soupe *un peu trop chaude*. Il faut absolument se servir d'une cuiller en bois; l'emploi d'une cuiller en métal pourrait occasionner une brûlure.

» Cette eau-de-vie à — 71 degrés, déposée sur l'avant-bras sec, le cautérise légèrement, sans cependant le brûler comme le fait la pâte d'éther et d'acide carbonique solide. On ne peut s'empêcher de comparer ces effets aux effets de *caléfaction.*

» II. Des quantités égales de vins mousseux et non mousseux étant refroidies, l'augmentation apparente de volume est beaucoup plus considérable pour les vins mousseux que pour les vins ordinaires rouges ou blancs. Deux échantillons de vin mousseux m'ont donné, par bouteille, une augmentation de volume d'environ 60 centimètres cubes, tandis que les vins de la Côte-d'Or, non mousseux, ne m'ont donné qu'environ 15 centimètres cubes.

» La moitié et même les deux tiers du volume des vins ordinaires, ren-

fermant 11 à 12,5 pour 100 d'alcool, peut être congelée. La partie restée liquide, trouble d'abord, se clarifie par le repos; les vins qui en proviennent se conservent mieux, ainsi que l'a vu M. de Vergnette-Lamotte, que les vins naturels; ils sont enrichis en alcool et en matières extractives; leur arome s'exalte comme leur couleur; ils perdent, par coagulation et précipitation, des matières albuminoïdes et des sels formant un magma plus ou moins abondant, etc.

» D'après M. Boussingault, *les glaçons, après leur fusion, donnent un liquide alcoolique, et, par conséquent, ne sont pas, comme on le croit généralement, de l'eau congelée à peu près pure.*

» On devait donc se poser la question suivante :

» Peut-on retirer d'un vin de l'eau pure par la congélation? Je crois avoir résolu ce problème, au point de vue pratique et industriel, en me plaçant dans des circonstances un peu différentes de celles que MM. Boussingault et de Vergnette-Lamotte ont choisies.

» Je place le vin dans un mélange réfrigérant où il se prend en masse. Cette masse semi-solide, colorée en jaune pâle, pour les vins blancs, en rouge plus ou moins foncé pour les vins rouges, est un lacis de glaçons d'eau pure emprisonnant du vin liquide comme une neige qui serait imprégnée d'eau colorée. Placée dans une toile métallique en forme de panier à salade fixé à l'intérieur d'un vase destiné à retenir le liquide, la partie solide reste appliquée sur la toile métallique. Cette expérience réussit mieux au moyen d'une petite turbine à force centrifuge.

» Dans ces conditions, j'ai pu recueillir une masse de glaçons presque incolores, même avec le vin rouge; le liquide provenant de la fusion de cette glace était sans saveur, ne renfermait pas ou presque pas d'alcool avec un peu de matière organique soluble dans l'eau. Cette eau devient facilement le siége d'une végétation cryptogamique.

» Avec des turbines industrielles on obtiendrait sûrement de l'eau pure ou presque pure et du vin retenant tout l'alcool et la presque totalité des résidus solides et solubles des vins.

» A l'aide d'une presse à vis, et en opérant sur des vins naturels renfermant 10 à 12 pour 100 d'alcool, j'ai pu en retirer des glaçons s'élevant de 16 à 25 pour 100 en poids du produit mis en expérience; ceux-ci filtrés et pressés ne renfermaient pas d'alcool ou n'en renfermaient que très-peu; ils ne laissaient que des traces de résidus solides, ne s'élevant parfois qu'à quelques millièmes du poids du liquide évaporé; ils renfermaient un peu de matière organique dégageant l'odeur de pain brûlé par

la calcination, et laissaient une très-petite quantité de cendres alcalines.

» J'ai retiré, des vins blancs et rouges de Bourgogne, au delà de 40 pour 100 de glaçons. Le vin, enrichi dans le rapport de 12 à 18,5 d'alcool, environ, laissait, après la filtration, beaucoup plus de résidu par l'évaporation au bain-marie.

» Avec des moyens frigorifiques convenables, des appareils mécaniques énergiques et un travail organisé industriellement, on pourrait donc améliorer les vins par la congélation, en leur enlevant de l'eau pure seulement.

» Quel sera le caractère des vins après la congélation? C'est ce que l'expérience seule peut décider; il paraît cependant prouvé, d'après les expériences de M. de Vergnette-Lamotte, qu'il y aurait un grand intérêt à opérer la congélation sur certains crus de Bourgogne, qu'il s'agirait de disposer pour l'exportation. La congélation peut, dans beaucoup de cas, remplacer efficacement le *vinage*, pour l'amélioration des vins, et elle offre une grande ressource dans les mauvaises années.

» Beaucoup de vins du midi de la France, d'Espagne, de Portugal, d'Italie et de Hongrie pourraient être congelés au lieu d'être soumis au vinage. Il en serait de même des vins légers, de consommation ordinaire, trop faibles pour supporter l'exportation.

» Les producteurs et les commerçants possèdent donc aujourd'hui deux procédés d'amélioration et de conservation laissant aux vins leurs propriétés naturelles. Ces procédés peuvent se compléter ou être appliqués isolément.

» *La congélation* conserve les vins en les enrichissant; *le chauffage* les met à l'abri des maladies. La congélation et le chauffage se succédant offrent donc des moyens certains pour écarter les chances désastreuses des années médiocres ou mauvaises et pour créer à la France un commerce d'exportation plus régulier et plus étendu. »

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur la décomposition des carbonates métalliques par la chaleur.* Note de M. L. **Joulin**, présentée par M. Edm. Becquerel.

« Une étude sur les doubles décompositions salines nous a conduit à faire sur la décomposition des carbonates métalliques par la chaleur quelques recherches dont nous présentons aujourd'hui les premiers résultats.

» *Appareil.* — La substance, desséchée aussi bien que possible, a été

placée dans un tube de verre de $0^m,02$ de diamètre, aux extrémités duquel sont soudés à angle droit deux tubes plus étroits communiquant, l'un avec un manomètre à siphon, l'autre avec la pompe à mercure de M. Alvergniat, qui permet de faire le vide et de recueillir les gaz ; un renflement rempli de chlorure de calcium a été ménagé entre le manomètre et le tube à décomposition, afin d'absorber les dernières traces d'humidité qui pourrait exister dans la substance. L'espace vide offert aux gaz était de 197 centimètres cubes. La partie du tube renfermant le corps plongeait dans un bain d'huile à température constante. Le corps étant placé dans l'appareil, on a fait passer, pendant douze heures, un courant d'acide carbonique sec, puis on a rempli le manomètre, et, élevant la température du bain à 80 degrés, on a pratiqué deux exhaustions avant d'observer les tensions, afin d'éliminer tout le gaz que la substance pulvérulente avait pu condenser.

» *Décomposition du carbonate de manganèse.* — Le carbonate de manganèse provenait de la réaction à équivalents égaux du carbonate de soude et du chlorure de manganèse lavé par décantation un grand nombre de fois, essoré dans l'étuve à 60 degrés, exposé un temps suffisant sous la cloche à chaux vive; la quantité d'acide carbonique qu'il renferme, déterminée avec un appareil de Rose, correspond aussi exactement que possible à celle d'oxyde rouge que fournit la calcination d'un même poids de carbonate.

» 16 grammes du précipité ont été successivement maintenus pendant plusieurs heures aux températures de 100, 150, 200, 100, 100 et 300 degrés; chaque échauffement a été précédé d'un refroidissement plus ou moins long; les expériences ont duré quatre jours. Dans ces conditions, on a observé les phénomènes suivants :

» 1° Le carbonate de manganèse se décompose d'une manière très-appréciable dès 70 degrés.

» 2° Jusqu'à 200 degrés, cette décomposition présente les deux caractères du phénomène auquel M. Deville a donné le nom de *dissociation*, c'est-à-dire que, à une température donnée, la tension de l'acide carbonique atteint, au bout d'un temps plus ou moins long (1), une valeur (215 milli-

(1) Nous devons rappeler que, dans l'expérience de M. Debray sur le carbonate de chaux, les tensions limites paraissent avoir été obtenues presque instantanément; tandis que, dans les expériences que nous rapportons, il a souvent fallu chauffer plusieurs heures avant de les atteindre.

mètres à 150 degrés) qui reste constante, du moins dans les limites de temps où l'on a opéré, et que pendant la période de refroidissement la tension des gaz revient peu à peu à sa valeur primitive, par suite de la recombinaison de l'acide carbonique et du protoxyde de manganèse.

» 3° La tension limite décroît à partir d'une certaine température; elle a été un peu plus faible à 200 degrés qu'à 150 degrés, ce qui peut être rapproché des observations de MM. Troost et Hautefeuille sur le sesquichlorure de silicium.

» 4° De 250 à 300 degrés, la force élastique de l'acide carbonique a augmenté constamment jusqu'à 2 atmosphères; le manomètre ne permettant pas d'aller au delà, on suppose que la décomposition complète commençait, et ce qui tendrait à le faire croire, c'est que, pendant la période de refroidissement, la réabsorption a été très-faible, si l'on tient compte de la diminution de force élastique due au refroidissement de la portion du gaz plongée dans le bain. On a reconnu, du reste, que le corps, resté blanc ou blanc verdâtre jusqu'à 200 degrés, a bruni à partir de cette température: c'est que le protoxyde de manganèse a décomposé un peu d'acide carbonique pour se transformer en sesquioxyde, comme dans les expériences de M. Debray sur le protoxyde de fer.

» Indépendamment de ces résultats, conformes à ceux obtenus avec d'autres carbonates, ces expériences ont conduit aux résultats suivants :

» 1° Le corps, successivement échauffé à 100, 150, 200 degrés, a été porté de nouveau à 100 degrés, et l'on a trouvé qu'à cette température la tension limite du gaz (139 millimètres) est moins de la moitié de ce qu'elle était quand on a chauffé le corps pour la première fois à 100 degrés (315 millimètres); dans un troisième échauffement à 100 degrés, la tension limite de l'acide carbonique est restée presque la même (145 millimètres) qu'au second échauffement. Aucune exhaustion n'a été pratiquée dans l'intervalle des trois opérations. Ce phénomène ne peut s'expliquer que par des changements moléculaires que le recuit, dans les échauffements successifs, ferait subir au carbonate de manganèse; le corps pulvérulent serait susceptible d'éprouver une série de modifications pseudo-allotropiques, modifiant quelques-unes de ses propriétés et notamment la décomposition, et il semble que, avec des moyens calorimétriques suffisamment précis, on reconnaîtrait que la décomposition du carbonate de manganèse, plus ou moins recuit, exige des quantités de chaleur différentes. Quoi qu'il en soit, un échauffement prolongé amène insensiblement le corps à un état plus stable, qui pourrait, du reste, se détruire à la longue.

» 2° Quand on échauffe successivement le carbonate à 100, 150, 200 degrés, on observe que, pendant la période d'accroissement de la température du bain, la force élastique du gaz peut atteindre une valeur de plus du double (489 millimètres à 150 degrés) de celle à laquelle elle s'arrêtera après un long échauffement (215 millimètres); que ce maximum est d'autant plus grand que l'échauffement du bain a été plus rapide, mais que, pour un échauffement très-lent, la tension croît d'une manière continue jusqu'à sa valeur limite; qu'à partir du moment où la température est stationnaire la force élastique décroît pendant un temps assez long, jusqu'à cette limite que l'on a seule considérée jusqu'ici; qu'enfin ces périodes d'exaltation de la force élastique pendant l'accroissement de température ne se produisent pas quand le corps a été déjà échauffé plusieurs fois. L'explication de ces phénomènes paraît devoir être rapprochée de ce qui a été dit plus haut sur la stabilité plus grande du corps après un long échauffement : dans l'accroissement rapide de température, les molécules ne pouvant prendre cet état d'équilibre stable vers lequel elles tendraient à une température constante sont moins aptes à résister à la décomposition, ce qui se traduit par une augmentation de la quantité de gaz décomposé dans un temps donné; quand la température devient stationnaire, l'état d'équilibre s'établit peu à peu, mais il faut un temps assez long pour que la combinaison s'opère entre des molécules très-distantes et inégalement échauffées.

» 3° Remarquons enfin qu'à partir du moment où la période de plus grande stabilité du carbonate est atteinte, la recombinaison pendant le refroidissement peut être telle, que la force élastique de l'acide carbonique devienne plus faible qu'avant l'échauffement, si toutefois il y a un excès d'oxyde antérieurement produit : après l'échauffement à 200 degrés, un refroidissement de trois heures a réduit à 31 millimètres la force élastique, qui était auparavant de 51 millimètres, et la force élastique de 31 millimètres a été réduite à 21 millimètres dans le refroidissement qui a suivi un nouvel échauffement à 100 degrés. Dans toutes ces expériences, on a, bien entendu, tenu compte des variations de la pression barométrique.

» Pour terminer ce qui a trait au carbonate de manganèse, nous mentionnerons les résultats d'une expérience préliminaire faite sur $3^{gr},5$ de matière seulement, dans un appareil analogue à celui décrit, mais pour lequel l'espace vide offert au gaz n'était que de 51 centimètres cubes au lieu de 197 centimètres cubes. Dans ces conditions, les tensions limites de l'acide carbonique ont été inférieures de plus de moitié à ce qu'elles étaient avec les 16 grammes de matière; ce qui semble indiquer une influence de

la surface du corps soumis à la décomposition, comme M. Lemoine l'a admis dans son beau travail *sur la transformation réciproque des deux états allotropiques du phosphore* (1).

» *Décomposition du carbonate d'argent.* — Les expériences sur la décomposition du carbonate d'argent ont été précédées de l'étude de la décomposition de l'oxyde : jusqu'à 250 degrés, la tension de l'oxygène a été très-faible, inférieure à 15 millimètres, et la décomposition complète de l'oxyde d'argent s'est produite entre 250 et 300 degrés.

» L'étude de la décomposition du carbonate d'argent entre 100 et 250 degrés a donné des résultats beaucoup moins nets et sensiblement différents de ceux du carbonate de manganèse. Tandis que dans les expériences préliminaires, où se trouvaient placées dans deux tubes identiques des quantités équivalentes d'oxyde et de carbonate d'argent, 5 grammes environ, l'oxyde dans une atmosphère d'acide carbonique à la pression ordinaire, le carbonate dans le vide fait sur l'acide carbonique, on avait vu les colonnes de mercure des manomètres marcher l'une vers l'autre et s'arrêter à la tension de 125 millimètres pour la température de 150 degrés, puis varier de concert aux températures de 200 et 225 degrés, ce qui était caractéristique de la dissociation, quand on a repris ces expériences sur 13 grammes de carbonate d'argent, en les portant successivement à 125, 175, 200 et 225 degrés, la recombinaison pendant le refroidissement a été nulle ou assez faible; d'un autre côté, l'exaltation de la force élastique de l'acide carbonique pendant l'accroissement de température du bain ne s'est montrée qu'à 200 degrés; jusque-là la tension avait augmenté d'une manière constante, pendant l'échauffement du bain, pour une même température, et s'était arrêtée à une limite notablement inférieure à celle donnée par le carbonate de manganèse dans les mêmes conditions. »

THERMOCHIMIE. — *Sur le calcul des moments d'inertie des molécules.* Note de M. G. **Hinrichs**, présentée par M. Berthelot.

« La connaissance des moments d'inertie est d'une importance fondamentale dans la Mécanique moléculaire, car tous les mouvements de rotation en dépendent, comme tous les mouvements de translation dépendent de la masse des molécules, exprimée par la formule empirique des molécules. Dans les Notes précédentes, j'ai indiqué que la chaleur spécifique, le vo-

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, t. XXVI.

lume spécifique, les points d'ébullition et de fusion sont des fonctions définies et simples des moments d'inertie des molécules.

» Le calcul de ces moments d'inertie est suffisamment indiqué dans la deuxième Note, du moins pour les mathématiciens; mais il sera peut-être agréable aux chimistes de voir le détail de ce calcul dans un des cas les plus simples.

» Parmi les hydrocarbures dont la molécule est C^6H^{14}, il y a le tétraméthyléthane $(CH^3)^4(CH)^2$, dont la formule développée est

```
CH³   CH³                                          a   b
|     |                                            |   |
HC — CH        qui peut être représenté par        c — d ..... x
|     |                                            |   |
CH³   CH³                                          e   f
                                                   :
                                                   y
```

» Prenons les axes des x et des y comme déterminés, et soit la distance des atomes de carbone égale dans les directions des x et des y, c'est-à-dire, soit $ac = ce = cd = ab = ef = bd = df$; enfin prenons cette distance comme unité. Alors nous aurons, pour les masses m, les coordonnées x et y et les moments divers, les valeurs suivantes :

Lettres.	Symboles.	m	Axe des x.			Axe des y.		
			x	mx	mx^2	y	my	my^2
a	CH^3	15	0	0	0	−1	−15	15
b	CH^3	15	1	15	15	−1	−15	15
c	CH	13	0	0	0	0	0	0
d	CH	13	1	13	13	0	0	0
e	CH^3	15	0	0	0	+1	+15	15
f	CH^3	15	1	15	15	+1	+15	15
Sommes	Σ	86		43	43		0	60
Représentant		M		Mξ	A		Mη	B

où l'on a évidemment : M la masse totale, ξ et η les coordonnées du centre de gravité.

» Mais, d'après les lois de la Mécanique élémentaire, le moment d'inertie I′ de la molécule pour l'axe des Z sera

$$I' = A + B = 43 + 60 = 103.$$

De plus, le carré de la distance Δ du centre de gravité de l'origine sera

$$\Delta^2 = \xi^2 + \eta^2 = 0,25.$$

Donc la valeur du moment d'inertie I maximum, pour l'axe passant par le centre de gravité, sera

$$I = I' - M.\Delta^2 = 103 - 0,25 \times 86 = 81,5.$$

» De la même manière, j'ai calculé les moments d'inertie donnés dans les Notes précédentes, et beaucoup d'autres.

» Pour trouver les coordonnées des atomes, j'ai posé en principe général que les atomes de carbone se sont rangés dans les composés organiques à des distances égales et dans des directions rectangulaires, d'après la quadrivalence du carbone. On peut exprimer ce principe en disant que les atomes de carbone dans les composés organiques se sont rangés d'après les lois de l'agrégation cristalline, ou bien que les molécules organiques sont de petits cristaux formés des atomes comme molécules intégrantes.

» Comme, dans ma *Mécanique moléculaire,* les propriétés physiques sont données en fonction du poids atomique et du moment d'inertie de la molécule, on voit que la détermination expérimentale et quantitative de ces propriétés physiques devient un moyen de vérifier les idées que les chimistes se sont formées de la constitution chimique des molécules, d'après les réactions diverses que les composés manifestent; ou, si l'on veut, le thermomètre devient, dans les mains du chimiste habile, un instrument pour la mesure des *dimensions des molécules*, comme le pendule a, depuis longtemps, été l'instrument mesurant les dimensions du globe terrestre.

» C'est de cette manière que les doutes existant encore sur la constitution atomique des molécules seront dissipés. Il est vrai que la méthode indiquée dans ces Notes est bien plus pénible que la construction sur papier des formules développées; mais, en revanche, on arrivera à la vérité par cette combinaison mécanique des faits constatés par la Chimie et la Physique. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la production de la glycérine en partant du propylène.* Note de MM. C. **Friedel** et R.-D. **Silva**, présentée par M. Berthelot.

« Dans une précédente Communication (1), nous avons fait voir que l'on peut dériver la trichlorhydrine, et par conséquent la glycérine, du chlorure de propylène, par l'action du protochlorure d'iode sec à 140 degrés. Nous avions fait usage, dans ce travail, du propylène préparé avec

(1) *Comptes rendus*, t. LXXIV, p. 805.

l'iodure d'allyle, et dérivé par conséquent lui-même de la glycérine. Il nous semblait qu'il n'y avait aucun inconvénient à employer pour ces recherches, déjà longues par elles-mêmes, la source la plus commode de propylène pur, à la condition d'éviter l'introduction, dans le chlorure de propylène, de produits allyliques entraînés par le courant gazeux. Une très-faible proportion de ces derniers eût-elle d'ailleurs échappé malgré toutes les précautions, les résultats obtenus n'en seraient point atteints; car l'attaque par le chlorure d'iode est répétée à plusieurs reprises sur le même chlorure de propylène, et fournit à chaque fois sensiblement la même proportion de trichlorhydrine. Comme, d'ailleurs, le chlorure de propylène peut être préparé de plusieurs manières avec des produits non dérivés de la glycérine, par l'action du chlore au soleil ou du chlorure d'iode sur le chlorure d'isopropyle (1) par exemple, nous pensions pouvoir admettre que nous avions réalisé la préparation de la glycérine avec un corps d'une autre origine.

» Notre démonstration a paru insuffisante à M. Berthelot; ce savant chimiste a formulé ses objections dans une Note insérée au *Bulletin de la Société Chimique* (2). La principale porte sur l'emploi que nous avons fait de l'iodure d'allyle pour la préparation du propylène qui a servi à nos expériences; nous sommes ainsi simplement partis de la glycérine pour y revenir, comme l'a déjà fait M. Wurtz dans sa belle synthèse de la glycérine au moyen du tribromure d'allyle.

» Quoique aucun fait connu jusqu'à ce jour n'établisse une différence quelconque entre les propylènes provenant de sources diverses, nous avons tenu à lever la difficulté par de nouvelles expériences en suivant exactement la voie indiquée par M. Berthelot, et dans laquelle nous serions entrés bien plus tôt si nous n'en avions été empêchés par des difficultés matérielles. Notre tâche a été facilitée par cette circonstance, que nos études sur la pinacone nous ont fourni, comme produit accessoire, des quantités assez notables d'alcool isopropylique. Cet alcool isopropylique, nous l'avons employé comme source de propylène; nous l'avons chauffé d'abord avec de l'acide sulfurique; puis, ayant reconnu que le rendement en propylène est très-faible dans ces conditions, nous avons remplacé l'acide sulfurique par le chlorure de zinc fondu. En laissant le mélange en contact du jour au lendemain, et en chauffant ensuite au bain de sable,

(1) *Comptes rendus*, t. LXXIII, p. 1379.

(2) *Bulletin de la Société Chimique*, 2e série, t. XVIII, p. 3.

on obtient un dégagement de gaz fort régulier; le gaz est en grande partie absorbé par une solution concentrée de chlorure d'iode contenue dans des appareils à boules, et le liquide qui se dépose au fond des appareils est le chloro-iodure de propylène, découvert par M. Simpson, et dont nous avons fait connaître les propriétés. Dans les vases refroidis qui précèdent les appareils à boules se dépose une quantité notable d'un liquide limpide, formé d'un mélange d'hydrocarbures divers avec de l'oxyde d'isopropyle. Nous n'avons pas encore achevé l'examen de ce mélange, sur lequel nous pensons revenir plus tard. Le rendement en chloro-iodure de propylène, sans être très-considérable, est assez satisfaisant (1).

» Au lieu de traiter, comme nous l'avons fait antérieurement, le chloro-iodure de propylène par le bichlorure de mercure, il nous a semblé plus commode de faire agir sur ce composé le chlore en présence de l'eau. Le chlore prend immédiatement la place de l'iode; ce dernier se sépare, et il suffit de continuer le courant de chlore jusqu'à sa dissolution à l'état de chlorure pour pouvoir séparer le chlorure de propylène de la solution surnageante de chlorure d'iode. Le chlorure de propylène ainsi préparé a été purifié par distillation; il était à peu près pur et ne renfermait que très-peu de produits chlorés supérieurs. Le chlorure de propylène, en effet, n'est pas facilement attaqué par le chlore, ni même par le chlorure d'iode dissous.

» Le chlorure de propylène purifié a été scellé par petites portions dans des tubes avec du protochlorure d'iode sec et chauffé à 140 degrés pendant deux périodes de huit heures chacune, entre lesquelles on laisse échapper l'acide chlorhydrique. Au lieu de dissoudre l'iode à l'aide de la potasse et du sulfite de soude, nous avons préféré verser le contenu des tubes dans une fiole remplie d'eau, et faire passer un courant de chlore. L'iode s'est ainsi dissous facilement, et le produit a pu être décanté, pour être séché et soumis à la distillation fractionnée. Dix fractionnements successifs ont partagé le mélange en un certain nombre de portions dont nous donnons ici les points d'ébullition et les quantités relatives :

---

(1) 125 grammes d'alcool isopropylique et 250 grammes d'acide sulfurique ont donné 58 grammes de chloro-iodure; 250 grammes d'alcool et 650 grammes de chlorure de zinc ont donné 230 grammes de chloro-iodure de propylène.

De 96° à	100°	45gr	(chlorure de propylène).
100	110	12	
110	120	3,8	
120	130	4	
130	145	14,8	(chlorure de propylène chloré).
145	150	6,5	
150	160	18,8	(trichlorhydrine impure.)
160	165	8,5	
165	175	5	
175	200	11,5	
200	220	6,5	
Au-dessus		9,5	
	Total	145,9	

» On voit qu'à part la première partie, qui est du chlorure de propylène non attaqué, la plus abondante est celle bouillant entre 150 et 160 degrés, c'est-à-dire à la même température que la trichlorhydrine. On remarquera aussi qu'il y a une quantité assez grande d'un produit bouillant entre 130-145 degrés, c'est-à-dire vers le point d'ébullition (137 degrés) du chlorure de propylène chloré que nous avons fait connaître, et qui se produit principalement dans l'action du chlore au soleil sur le chlorure de propylène. Il n'y a que très-peu de produit entre 120 et 130 degrés, c'est-à-dire à la température d'ébullition du méthylchloracétol chloré. Les dernières parties laissent déposer par le refroidissement un chlorure cristallisé en fines aiguilles soyeuses.

» La partie bouillant entre 150 et 160 degrés n'est pas de la trichlorhydrine pure; l'analyse montre qu'elle renferme une quantité notable, pouvant aller jusqu'à la moitié, d'un tétrachlorure. La présence de ce dernier, qui ne peut d'ailleurs pas être séparé par distillation, n'empêche pas la transformation de la trichlorhydrine en glycérine à l'aide de l'excellent procédé indiqué par M. Berthelot. Nous avons chauffé le mélange de chlorure par portions de 2gr,5 dans des tubes scellés à 180 degrés, en présence de 40 à 45 grammes d'eau, pendant une nuit. Au bout de ce temps, le liquide aqueux, ayant été séparé par filtration des parties goudronneuses noires qui surnageaient (1), a été saturé par un léger excès de carbonate d'argent; puis l'argent dissous a été, après filtration, précipité avec soin à l'aide de

(1) Ces parties noires ayant été distillées avec la vapeur d'eau ont fourni une petite quantité d'un liquide huileux formé d'un mélange de chlorures, qui dérivent probablement de la trichlorhydrine et du tétrachlorure par perte de HCl.

l'acide chlorhydrique. La liqueur ne renfermant plus sensiblement ni acide chlorhydrique, ni argent, a été abandonnée à l'évaporation dans le vide sec et a fourni une petite quantité d'un liquide très-peu coloré, ayant une saveur à la fois douce et amère, qui n'était autre chose que la glycérine. Chauffé avec le bisulfate de potasse, il a donné l'odeur piquante de l'acroléine; traité par l'iodure de phosphore, il a fourni de l'iodure d'allyle.

» La quantité de glycérine formée n'est pas très-considérable; cela se conçoit aisément, puisque le chlorure employé pour sa production renferme un tétrachlorure et doit encore, en outre, être mélangé d'une petite proportion de chlorure de propylène chloré bouillant à 137 degrés, lequel ne fournit pas de glycérine. On comprend donc que des expériences réalisées dans de moins bonnes conditions que les nôtres aient donné des résultats négatifs.

» Ainsi, en partant de l'acétone, et passant par l'alcool isopropylique et par le propylène, on peut arriver jusqu'à la glycérine et à l'iodure d'allyle, et l'acétone elle-même pouvant d'ailleurs être produite de toute pièce, on peut dire qu'il en est de même de la glycérine.

» Nos expériences antérieures et les conclusions que nous en avions tirées se trouvent donc confirmées, et l'identité des propylènes dérivés de sources diverses est établie par des faits nouveaux. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une glycérine de la série aromatique.* Note de M. E. **Grimaux**, présentée par M. Cahours.

« La glycérine ordinaire étant représentée par la formule

$$C^3H^8O^3 = C^3H^5(OH)^3,$$

on comprend qu'il peut exister un composé de même fonction renfermant $C^9H^{12}O^3 = C^3H^4(C^6H^5), (OH)^3$ et représentant une molécule de glycérine, dans laquelle un atome d'hydrogène du groupe C^3H^5 est remplacé par le groupe phényle C^6H^5. C'est cet alcool triatomique que je me suis proposé d'obtenir. On y arrive en prenant pour point de départ l'alcool cinnamique ou styrone $C^9H^{10}O$.

» D'après la formule de constitution de l'acide cinnamique ou phénylacrylique $C^9H^8O^2$, la styrone doit être considérée comme de l'alcool phénylallylique

C^3H^5, OH	$C^3H^4(C^6H^5), OH$
Alcool allylique.	Styrone.

Or l'alcool allylique fixe directement 2 atomes de brome ou de chlore, donnant une dibromhydrine ou une dichlorhydrine de la glycérine ordinaire, lesquelles se convertissent en glycérine par la saponification.

» En comparant la styrone à l'alcool allylique, on avait lieu de croire qu'elle fixerait de même 2 atomes de brome pour fournir une dibromhydrine de glycérine; l'expérience a démontré la justesse de cette hypothèse. La styrone fixe 2 atomes de brome, et la dibromhydrine obtenue

$$C^3H^4(C^6H^5)\left\{\begin{matrix}Br^2\\OH\end{matrix}\right.$$

se saponifie par l'eau bouillante en perdant tout son brome, et donnant la glycérine correspondante.

» A cet alcool triatomique, *phéno* ou *phénylglycérine*, je donnerai le nom plus court de *stycérine*, qui rappelle à la fois son origine de la styrone et sa fonction de glycérine.

» Jusqu'à présent, j'ai réussi à isoler les termes suivants de la série :

» *Stycérine dibromhydrique* (*bromure de styrone*), $C^9H^9\left\{\begin{matrix}Br^2\\OH\end{matrix}\right. = \begin{matrix}CH(C^6H^5)Br\\CHBr\\CH^2OH\end{matrix}$.

— Elle se produit par l'action directe du brome sur la styrone; on dissout celle-ci dans le chloroforme, et l'on y ajoute, goutte à goutte, du brome dilué lui-même dans le chloroforme, en ayant soin d'empêcher l'élévation de température. Le brome est immédiatement absorbé sans dégagement de gaz bromhydrique; lorsque la coloration jaune ambré du liquide annonce un excès de brome, on l'abandonne à l'évaporation spontanée. Après vingt-quatre à quarante-huit heures, il se forme une masse dure, cristalline, que l'on purifie par compression, et par cristallisation dans l'éther.

» La stycérine dibromhydrique se présente sous l'aspect de lamelles incolores, larges, brillantes ou en groupes de fines aiguilles; elle fond à 74 degrés. Elle est insoluble dans l'eau, facilement soluble dans l'alcool et dans l'éther.

» Chauffée avec un grand excès d'acide bromhydrique, elle se convertit en tribromhydrine $C^9H^9Br^3$. Le chlorure d'acétyle la convertit, à une douce chaleur, en acétodibromhydrine $C^9H^9\left\{\begin{matrix}Br^2\\OC^2H^3O\end{matrix}\right.$. Par l'action de l'eau bouillante, elle se saponifie en perdant tout son brome à l'état d'acide bromhydrique.

» Lorsqu'on traite la styrone par le brome sans la diluer dans le chlo-

roforme, on obtient une masse pâteuse qui, reprise par l'alcool bouillant, abandonne un produit formé de tribromhydrine impure, tandis que les eaux mères alcooliques retiennent la dibromhydrine plus soluble; il est alors difficile de séparer ces deux corps et de les obtenir à l'état de pureté.

» *Stycérine acétodibromhydrique*, $C^9H^9\left\{\begin{matrix}Br^2\\ OC^2H^3O\end{matrix}\right. = \begin{matrix}CH(C^6H^5)Br\\ CHBr\\ CH^2O,C^2H^3O\end{matrix}$. — On chauffe légèrement la dibromhydrine avec un excès de chlorure d'acétyle jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus d'acide chlorhydrique. Le produit de la réaction, évaporé au bain-marie, donne l'acétobromhydrine qu'on fait cristalliser dans l'éther. Ce corps est en beaux prismes obliques, d'une odeur agréable de fleurs, solubles dans l'alcool et dans l'éther, fusibles à 85-86 degrés.

» Chauffée à 100 degrés pendant vingt-quatre heures avec de l'acétate d'argent et de l'acide acétique cristallisable, l'acétodibromhydrine donne du bromure d'argent et une masse épaisse, gommeuse, insoluble dans l'eau, d'une odeur agréable, qui paraît être la *triacétine* $C^9H^9(OC^2H^3O)^3$, mais qui n'a pas été analysée.

» *Stycérine tribromhydrique*, $C^9H^9Br^3 = \begin{matrix}CH(C^6H^5)Br\\ CHBr\\ CH^2Br\end{matrix}$. — Elle s'obtient dans diverses conditions :

» 1° En distillant la tribromhydrine avec un grand excès d'une solution concentrée d'acide bromhydrique, et cohobant deux ou trois fois les portions distillées;

» 2° En traitant par le brome l'éther bromhydrique de la styrone C^9H^9Br;

» 3° En ajoutant du brome à la styrone, comme il a été dit plus haut.

» Dans tous les cas, on purifie le produit de la réaction par deux ou trois cristallisations dans le chloroforme. La tribromhydrine se présente sous l'aspect de petites aiguilles brillantes, d'une odeur forte à chaud, peu odorantes à froid, fondant à 124 degrés. Elle est peu soluble dans l'alcool et dans l'éther, plus soluble dans le chloroforme.

» *Stycérine chlorodibromhydrique*, $C^9H^9Br^2Cl = \begin{matrix}CH(C^6H^5)Br\\ CHBr\\ CH^2Cl\end{matrix}$. — On l'a obtenue par addition du brome à l'éther chlorhydrique de la styrone C^9H^9Cl. Le produit de la réaction se dissout à chaud dans l'éther et s'en

sépare en belles lames transparentes qui, après la dessiccation, forment une masse légère et nacrée.

» Cet éther est assez soluble dans le chloroforme, peu soluble à froid dans l'éther; il fond à 96°,5.

» *Stycérine* (*phénoglycérine*), $C^9H^9(OH)^3 = \begin{array}{l} CH(C^6H^5)OH \\ | \\ CH,OH \\ | \\ CH^2,OH \end{array}$. — Lorsqu'on chauffe la stycérine dibromhydrique avec trente fois son poids d'eau pendant douze heures à 150-160 degrés, la presque totalité du brome est mise en liberté à l'état d'acide bromhydrique, et la solution aqueuse renferme un corps très-soluble dans l'eau; mais, dans ces conditions, on observe en outre la production, en quantité notable, d'une substance insoluble dans l'eau; cette substance constitue probablement des alcools condensés, analogues à ceux que produit souvent la saponification des éthers de la glycérine ordinaire.

» En opérant seulement à 100 degrés et en vases ouverts, pendant vingt-quatre heures, on saponifie complétement la dibromhydrine, et l'on obtient une moins forte proportion de produits insolubles. Pour empêcher leur formation et éviter l'action ultérieure de l'acide bromhydrique, il est plus convenable de faire la saponification par l'eau bouillante en présence d'acétate d'argent qui fixe au fur et à mesure l'acide bromhydrique mis en liberté. Après vingt-quatre heures de réaction, on filtre la solution pour séparer le bromure d'argent; on se débarrasse de l'excès d'acétate d'argent par un courant d'hydrogène sulfuré; on concentre la liqueur et l'on termine l'évaporation dans le vide.

» La stycérine se présente sous l'aspect d'une masse gommeuse, d'un jaune clair, ayant l'aspect de la térébenthine, très-soluble dans l'eau et l'alcool, à peine soluble dans l'éther; sa saveur est franchement amère. Elle ne paraît pas s'altérer à l'air, mais ses solutions se colorent en brun par l'évaporation au bain-marie.

» Comme elle ne peut être distillée et qu'elle est incristallisable, il ne m'a pas été possible de l'avoir à un degré de pureté suffisant pour l'analyse. Pour mettre hors de doute son caractère d'alcool polyatomique, j'ai eu recours à la réaction de l'acide formique étudiée sur la glycérine ordinaire par MM. Tollens et A. Henninger, et sur l'érythrite par M. Henninger.

» Leurs expériences ont appris que la glycérine chauffée avec l'acide formique donne un éther monoformique, qui se dédouble ultérieurement

en eau, acide carbonique et alcool allylique :

$$C^3H^5\left\{\begin{array}{l}OCHO\\OH\\OH\end{array}\right. = CO^2 + H^2O + C^3H^5,OH.$$

Glycérine monoformique. Alcool allylique.

Avec un excès d'acide formique, la réduction est plus avancée, et il se produit du propylène et du diallyle.

» Cette réaction a été appliquée à la stycérine; l'expérience faite par M. A. Henninger a montré que, distillée avec de l'acide formique en excès, la glycérine aromatique fournit, comme la glycérine ordinaire, de l'eau et de l'acide carbonique. Quant au produit de la réduction, il se présente sous l'aspect d'une huile épaisse, distillant vers 300 degrés et formée vraisemblablement de diphényldiallyle. La petite quantité de produit obtenue n'a pas encore permis d'établir sa nature, mais le fait de la production d'eau et d'acide carbonique par l'action de l'acide formique sur la stycérine prouve suffisamment sa fonction d'alcool polyatomique. »

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur le dosage des sucres par la méthode Barreswil.* Note de M. **Loiseau**, présentée par M. Cahours.

« Dans deux Notes présentées à l'Académie (séances des 21 octobre 1872 et 5 mai 1873), M. Feltz a fait voir que, dans les conditions d'alcalinité de la liqueur cuprotartrique, la soude agit sur le sucre cristallisable. Les faits dont parle M. Feltz avaient appelé notre attention, dès 1869. Nous avons même vivement conseillé, à cette époque, à diverses personnes, de toujours diluer avec de l'eau les liqueurs cupropotassiques destinées à doser les petites quantités de sucre incristallisable qui existent ordinairement dans les produits des sucreries indigènes et des raffineries de Paris. Nous savons que nos conseils ont été mis à profit, notamment dans les laboratoires de MM. A. Sommier et Cie, et de MM. Jeanti et Prevost.

» Depuis, nous avons constaté une autre cause d'erreur, non signalée, que la soude peut apporter dans le dosage du glucose par la méthode Barreswil. Cette cause d'erreur est due à ce que la soude favorise la recoloration en bleu de la liqueur cupropotassique décolorée sous l'influence d'une quantité suffisante de sucre incristallisable, de telle sorte qu'un excès de soude pourra faire obtenir des résultats *trop faibles*, quand on dosera le glucose par la méthode Barreswil. La liqueur cupropotassique dont nous nous sommes servi avait été préparée selon les indications de Fehling.

» La solution de sucre interverti contenant ce corps en petite quantité (1 gramme par litre), il nous a fallu, pour chaque expérience, employer un faible volume de liqueur cupropotassique. Nous en avons employé 2 centimètres cubes que nous avons dû nécessairement diluer avant de les soumettre à l'ébullition. Afin de rendre aussi saisissantes que possible les perturbations que la soude est susceptible d'apporter dans le dosage du glucose par la méthode Barreswil, les 2 centimètres cubes de liqueur cupropotassique furent dilués, dans chaque expérience, avec un volume constant, soit 50 centimètres cubes, de dissolution sodique. On a fait varier la densité de la solution sodique depuis 17 degrés Baumé jusqu'à 1 degré Baumé; la première solution sodique contenait environ 150 grammes de soude caustique par litre (1).

» Pour chaque expérience, on portait à l'ébullition, dans une capsule de porcelaine, la liqueur cupropotassique préalablement étendue des 50 centimètres cubes de solution sodique; puis on ajoutait goutte à goutte la solution de sucre interverti, préalablement introduite dans une burette graduée en dixièmes de centimètre cube. Le précipité rouge obtenu dans la première expérience se décantait mal; par suite, il était très-difficile de saisir le moment précis de la décoloration complète du liquide bouillant.

» Dans la deuxième expérience, pour diluer les 2 centimètres cubes de la liqueur cupropotassique, on employa une solution sodique ne contenant que 75 grammes de soude caustique par litre. Pour cette expérience, comme pour celles où l'on employa moins de soude caustique, le précipité rouge décantait bien et il était facile de saisir le moment où le liquide soumis à l'ébullition avait perdu toute sa couleur bleue.

» En effectuant ces expériences, nous avons pu nous assurer que, pour faire disparaître toute la couleur bleue, il fallait employer des volumes de dissolution de sucre interverti d'autant plus grands que la durée de l'expérience était elle-même plus grande. C'est ainsi que, dans les 2 centimètres cubes de la liqueur cupropotassique étendus de 50 centimètres cubes de la solution sodique contenant 75 grammes de soude caustique par litre, nous avons pu verser lentement 40 centimètres cubes de solution de sucre interverti (contenant 1 gramme de sucre par litre), sans faire disparaître toute la coloration bleue, alors même que 12 centimètres cubes de la même

---

(1) Notre liqueur cupropotassique contenait elle-même 150 grammes de soude caustique par litre.

solution de sucre interverti, versés rapidement, faisaient disparaître cette couleur bleue. Lorsqu'on dilue la liqueur cupropotassique avec de l'eau, la durée de l'expérience, faite dans les conditions ordinaires, n'a qu'une très-faible influence sur les résultats obtenus. Donc, si la présence de la soude peut exercer une action incompatible avec l'exactitude que l'on se propose d'obtenir au moyen de la liqueur Barreswil, il est facile de neutraliser en grande partie cette action nuisible en diluant avec de l'eau la liqueur cupropotassique destinée au dosage des petites quantités de glucose. Ainsi il faut éviter la présence d'un excès de base alcaline dans les solutions cupropotassiques. Nous savons, d'autre part, que la présence de la soude est un élément nécessaire à la constitution de cette liqueur. La question se réduit dès lors à rechercher dans quelle proportion la soude caustique doit faire partie de la liqueur cupropotassique.

» Or les expériences que nous avons faites nous ont permis de constater que, s'il ne faut pas exagérer l'alcalinité de la liqueur cupropotassique, il ne faut pas non plus diminuer cette alcalinité outre mesure; car, si un excès de soude favorise la recoloration des liqueurs bleues décolorées, une alcalinité trop faible ralentit trop la décoloration de la liqueur cupropotassique en présence du glucose.

» Le dosage de petites quantités de glucose avec un faible volume, soit 2 centimètres cubes de liqueur cupropotassique étendus de 50 centimètres cubes d'eau, montre également qu'il est préférable de neutraliser comme précédemment la liqueur cupropotassique qu'on emploie.

» Pendant que les liqueurs cupropotassiques se décolorent sous l'influence du glucose, il se produit un précipité dont la couleur varie du jaune au rouge-brique. Il était intéressant de voir comment ces précipités se comportent à l'égard des solutions de soude caustique et des solutions de tartrate neutre de potasse.

» Dans ce but, nous avons préparé une certaine quantité des deux précipités jaune et rouge, que nous avons délayés dans un peu d'eau; puis un volume constant du produit délayé fut successivement soumis à l'ébullition, savoir : 1° avec 50 centimètres cubes d'eau de Seine; 2° avec 50 centimètres cubes d'une solution sodique, contenant 10 grammes de soude caustique par litre (l'alcalinité était neutralisée par 125 centimètres cubes d'acide sulfurique titré au $\frac{1}{10}$; 3° avec 50 centimètres cubes d'une solution sodique à 80 grammes de soude caustique par litre; 4° avec 50 centimètres cubes d'une solution sodique à 160 grammes de soude caustique par litre.

» Après cinq minutes d'ébullition, les divers mélanges furent laissés au

contact de l'air pendant trois heures. Au bout de ce temps : 1° l'eau de Seine n'était pas colorée; 2° la solution sodique ne contenant que 10 grammes de soude caustique par litre n'avait pas bleui d'une façon sensible; 3° mais les solutions sodiques à 80 grammes et à 160 grammes de soude caustique par litre avaient fortement bleui. L'influence de la soude est donc manifeste; le carbonate de soude agit de même.

» Nous avons terminé ces expériences en faisant bouillir pendant cinq minutes un volume de chacun des deux précipités rouge et jaune avec une dissolution de tartrate neutre de potasse contenant, comme la liqueur de Fehling, 160 grammes de ce sel par litre.

» Après trois heures de repos, la solution qui contenait le précipité rouge n'était pas sensiblement colorée en bleu, tandis que la solution qui contenait le précipité jaune possédait une couleur bleue très-visible.

» Des divers résultats consignés dans cette Note, il résulte que la méthode Barreswil, appliquée au dosage du sucre incristallisable, peut fournir des résultats variables avec la manière dont on l'applique; il résulte, en outre, que cette méthode, pratiquée avec une liqueur peu alcaline (ayant par litre une alcalinité qui peut être neutralisée, n'exige pas plus de 240 centimètres cubes d'acide sulfurique titré au $\frac{1}{10}$), fournit des résultats assez exacts et assez rigoureux pour répondre aux nécessités des transactions commerciales. Cette méthode peut même s'appliquer au dosage des sucres bruts, et fournir des résultats dont l'exactitude atteint, si elle ne dépasse, celle des essais polarimétriques.

» Dans une prochaine Note nous indiquerons pourquoi la solution cupropotassique doit être conservée à l'abri de l'acide carbonique de l'air et quelle est la composition qu'il faut adopter de préférence. »

CHIMIE. — *Acide érythrophénique, réaction nouvelle du phénol et de l'aniline;* par M. E. **Jacquemin**.

« Lorsque l'on traite le phénol par de l'eau chlorée, on n'observe aucune réaction, et l'ammoniaque, ajoutée ensuite au mélange précédent, ne développe pas de coloration.

» On sait que l'aniline au contraire, en suspension dans l'eau, additionnée d'une solution de chlore, prend une teinte rose, qui devient rapidement pourpre, violette, et passe au rouge brun; qu'enfin l'ammoniaque ajoutée à ce dernier moment brunit davantage le liquide.

» Il n'en est plus de même lorsque l'on soumet à l'action de l'eau chlorée un mélange d'une goutte de phénol et d'une goutte d'aniline. J'obtiens, dans ce cas, une coloration rouge rosé persistante, qui bleuit soit par l'ammoniaque, soit par les alcalis ou les carbonates alcalins. Les acides ramènent au rouge le bleu produit par les bases.

» Je crois pouvoir conclure de ce fait : 1° qu'il existe un phénate de phénylamine, car, dans le cas de mélange, l'eau chlorée, qui n'agit pas sur le phénol, donnerait simplement la réaction de l'aniline, si cet alcaloïde était vraiment resté libre; 2° que le corps nouveau engendré dans cette réaction est un acide rouge formant des sels bleus. En attendant son étude, que je poursuis en ce moment, je propose pour ce nouvel acide organique le nom d'acide *érythrophénique*, qui rappelle son origine et la couleur qui le caractérise.

» On prépare directement l'érythrophénate de soude, en faisant agir l'hypochlorite de soude (obtenu par l'hypochlorite de chaux et un léger excès de solution de carbonate de soude, et filtration) sur le mélange de phénol et d'aniline. Le bleu qui se forme possède un pouvoir colorant extraordinaire. En effet, une seule goutte de phénol et autant d'aniline, dilués dans 100 centimètres cubes d'eau, donnent avec l'hypochlorite une liqueur d'un bleu foncé, remarquable par la pureté de sa teinte.

» Lorsqu'à cette faible quantité de phénate d'aniline (deux gouttes du mélange) on ajoute deux litres d'eau, et ensuite l'hypochlorite de soude, la réaction tarde pendant une minute, puis le bleu apparaît, se développe d'une façon très-nette, et acquiert en une heure ou deux une intensité telle, qu'il m'est possible d'affirmer que cette coloration se manifesterait encore en présence de plus de quatre litres d'eau.

» Je n'ai pas cherché l'extrême limite de sensibilité de cette réaction, mais c'est incontestablement l'une des plus sensibles de la Chimie; aussi je la crois appelée à rendre des services dans les recherches toxicologiques de l'aniline ou de l'acide phénique, et dans différents cas d'expertises. Je conseille l'hypochlorite de soude de préférence à l'hypochlorite de chaux, pour faire virer au bleu, parce que l'emploi de ce dernier détermine un précipité qui trouble la transparence et nuit à la beauté de l'effet.

» Les homologues du phénol en présence de l'aniline, ou les homologues de l'aniline en présence du phénol, conduiront-ils à des résultats semblables ou analogues? Mes expériences ont été faites à Strasbourg, avec de l'acide phénique pur et de l'aniline retirée de l'anthranilate de potasse. J'ai toutefois constaté que le phénol et la naphtylamine ne donnent, dans

ces conditions, rien d'utile à noter, et que le pyrogallol et l'aniline ne fournissent qu'un liquide rouge brun sans caractère.

» La persistance de la pureté de teinte de l'érythrophénate de soude pouvait faire espérer des applications à la teinture, mais ce bleu se dégrade au vaporisage; eût-il même résisté que l'extrême facilité de passage du bleu au rouge, par les acides les plus faibles, n'eût pas manqué d'amener sa proscription. En effet, sa sensibilité vis-à-vis des acides est bien supérieure à celle de la teinture de tournesol, ainsi qu'il résultera d'un Mémoire que j'aurai l'honneur de présenter prochainement à l'Académie. »

CHIMIE. — *Sur le proto-iodure de mercure cristallisé.* Note de M. P. Yvon, présentée par M. Bussy.

« Ce corps peut s'obtenir en chauffant, au bain de sable, un ballon contenant du mercure et de l'iode; ce dernier est renfermé dans un petit tube suspendu au centre du ballon. Dans cette disposition, la vapeur mercurielle étant en excès, on obtient des cristaux toujours souillés par elle; aussi les premières analyses m'ont donné 64,2; 64,3 pour 100 de mercure, au lieu de 61,16.

» Cet excès de mercure s'enlève en lavant les cristaux avec de l'acide azotique étendu; l'analyse m'a alors donné les nombres suivants : 61,64, 61,76. En prolongeant un certain temps l'action de l'acide azotique, ces cristaux sont devenus rouge orangé, et cela sans changer de composition.

» Le procédé qui permet d'obtenir d'une façon régulière le proto-iodure de mercure cristallisé consiste à chauffer au bain de sable, en matras scellés, de l'iode et du mercure en proportions indiquées par les équivalents. La température ne doit pas dépasser 250 degrés. En retirant immédiatement le matras du bain de sable, on constate que sa partie supérieure est tapissée de cristaux d'un très-beau rouge, qui deviennent jaunes par refroidissement. Les cristaux ainsi obtenus sont bien définis, d'un jaune un peu orangé, et atteignent un volume parfois assez considérable, surtout lorsqu'ils se réunissent pour former des paillettes, dont quelques-unes mesurent 15 à 18 millimètres de longueur. Les plus petites de ces paillettes sont flexibles.

» Ces cristaux, directement soumis à l'analyse, m'ont donné les nombres suivants :

1° Pour le mercure..........	61,28		
»	61,20		
»	61,04		
Moyenne......	61,17 pour 100.	Théorie,	61,16;
2° Pour l'iode...............	39,27		
»	38,40		
»	38,61		
Moyenne......	38,76 pour 100.	Théorie,	38,83.

» La forme cristalline se rattache au système orthorhombique. M. G. Bouchardat, qui a bien voulu les examiner, les caractérise ainsi : Combinaison habituelle des faces : *h*, *p*, *g*; faces secondaires, *b* et *e*; angle $b^{\frac{1}{4}} b^{\frac{1}{4}} = 97°,12$ (environ); angle *ee* = 131°,20 (environ).

» Examinés à la lumière monochromatique du sodium, ces cristaux paraissent d'un vert clair éclatant.

» Soumis à l'action de la chaleur, le proto-iodure de mercure cristallisé devient rouge. Ce changement de coloration commence vers 70 degrés, et la teinte se fonce de plus en plus. A 220 degrés, ces cristaux sont d'un rouge grenat magnifique. Par refroidissement, ils reprennent leur couleur primitive. Il est curieux de rapprocher ce phénomène de celui, exactement inverse, présenté par le biiodure.

» Si l'on chauffe avec précaution le proto-iodure cristallisé, il se sublime entièrement sans décomposition (cette sublimation commence vers 190 degrés); mais à 220 degrés les cristaux se ramollissent. Ils fondent à 290, en un liquide noir qui entre en ébullition à 310 degrés.

» Si, au contraire, on le chauffe brusquement, il se décompose en donnant du mercure métallique et un sublimé d'un jaune assez clair. On pourrait croire que ce corps est un iodure plus riche en iode; il n'en est rien. Je donne sous toutes réserves les résultats qui suivent, vu la difficulté d'obtenir, dans ces conditions, un composé pur.

» L'évaluation directe de la quantité de mercure abandonnée par la sublimation brusque du proto-iodure peut être fixée à 8 pour 100 (ce chiffre, ainsi que les suivants, est la moyenne d'un grand nombre de sublimations; toutes ont varié dans une limite qui ne dépasse pas 1,5 pour 100). L'iodure sublimé devrait donc renfermer à peu près 61,16 — 8 ou 53,16 de mercure; or j'en trouve 58. Voici, du reste, sa composition en centièmes :

Mercure	58
Iode	40
Oxygène (par différence)	2
	100

» Le sublimé serait donc un oxy-iodure répondant à peu près à la formule

$$Hg^{13}O^{6}I^{7} = 6HgO, 7HgI.$$

» La théorie donne, en centièmes :

Mercure	58,11
Iode	39,74
Oxygène	2,14
	99,99

» Cet oxy-iodure est d'un beau jaune clair, aussitôt après sa préparation, et en paillettes cristallines brillantes; mais, assez rapidement et surtout à la lumière, il devient jaune orangé et, à la longue, rouge-brique. Il diminue également beaucoup de volume, les paillettes se repliant sur elles-mêmes; il semble alors pulvérulent.

» Ce travail a été fait à l'École de Pharmacie, au laboratoire des travaux pratiques. »

SÉRICICULTURE. — *Note sommaire sur l'état de la Sériciculture en* 1873; par M. F.-É. Guérin-Méneville.

« Mes observations, commencées avant 1846, ont été continuées sans interruption jusqu'à ce jour, grâce, en partie, à des missions que l'Académie des Sciences, la Société centrale d'Agriculture de France et le Ministère de l'Agriculture et du Commerce m'ont fait l'honneur de me confier. Cette année encore, j'ai complété mes recherches scientifiques par des observations dans la grande pratique, les seules qui puissent, en définitive, confirmer ou infirmer les données fournies par la Science. J'ai observé l'épizootie des vers à soie dans diverses contrées de la France et de l'Italie, et j'ai la satisfaction de pouvoir dire encore, ainsi que je l'ai annoncé dans des travaux antérieurs, que l'intensité de l'épidémie continue de décroître dans certaines de ces contrées.

» Malheureusement cette diminution d'intensité du mal a marché lentement, comme cela s'observe dans toutes les grandes épidémies; mais il est évident que, après avoir parcouru sa période de croissance, elle est aujourd'hui et généralement dans sa période de décroissance, surtout dans des

localités placées dans des conditions favorables, comme certaines contrées montagneuses des départements des Hautes et Basses-Alpes, du Var, des Pyrénées, etc., etc.

» Dans plusieurs Rapports et Communications, j'ai présenté des documents statistiques et des observations démontrant ce que j'avance. Ainsi j'ai établi depuis plusieurs années, et tous les sériciculteurs ont constaté cette vérité générale, que l'on ne peut obtenir de récoltes de cocons dans certains départements, grands producteurs de soie, qu'en employant des graines produites au Japon. Ces races japonaises, pourvues d'une vitalité énergique, peuvent seules résister d'abord aux influences épidémiques; mais leur descendance ne tarde pas à être atteinte, et il faut, chaque année, recourir au Japon pour en importer, à grands frais, de nouvelles graines.

» Ce fait de l'impossibilité, sinon absolue, du moins très-générale, de reproduire ces races japonaises dans les localités contaminées, m'a fourni un moyen infaillible d'apprécier l'intensité de l'épidémie dans les diverses contrées séricicoles de la France. En effet, puisque les races japonaises contractent généralement la maladie dans les contrées encore soumises aux influences épidémiques, on doit en conclure que, dans les pays où ces races dominent, l'épidémie est encore dans toute sa force. De plus, dans ces contrées, nos races locales, affaiblies dans leur constitution, se comportant comme les exotiques, sont atteintes par l'épidémie dès la première introduction et ne peuvent même donner, comme celles-ci, une première récolte, tandis qu'elles réussissent et peuvent déjà être reproduites, pendant plusieurs années de suite, dans les localités guéries ou en voie de guérison.

» Guidé par cette observation générale, il m'est facile d'apprécier l'état sanitaire des vers à soie d'une contrée que je visite, en examinant les récoltes chez les éducateurs, et les cocons dans les marchés ou dans les approvisionnements des filateurs. Il est évident que, là où l'on ne peut élever que des races japonaises, le mal est encore dans toute son intensité. Il est moins fort dans les pays où l'on trouve des éducations de races locales, mêlées à des éducations de races japonaises. Il a plus ou moins disparu dans ceux où l'on voit dominer nos races locales et surtout dans ceux où l'on peut les reproduire pendant plusieurs générations de suite.

» En effet, comme le but de nos éducateurs est, avant tout, de tirer le meilleur parti possible de leur travail et de la feuille de leurs mûriers, et qu'une éducation faite avec les vers de nos races locales rend plus qu'une même éducation faite avec la meilleure race du Japon, on comprend qu'ils

s'empressent d'adopter ces races locales toutes les fois que la diminution d'intensité de l'épidémie leur permet de le faire avec quelque chance de succès.

» Cette année encore, j'ai employé ce moyen d'appréciation, pour juger l'état de la sériciculture dans onze de nos principaux départements producteurs de soie (1). Dans presque tous ceux où l'on ne peut encore réussir qu'avec les races japonaises, j'ai constaté des faits isolés de succès avec nos races locales, ce qui indique une certaine diminution du mal. Je me bornerai à citer ici, comme exemples, quelques-unes de ces observations.

» Dans les départements de la Drôme et de Vaucluse, il s'est présenté, chaque année, un assez grand nombre de ces réussites obtenues avec des graines produites dans les Basses-Alpes, entre autres, et même dans le pays, soit qu'elles aient été confectionnées suivant la méthode scientifique préconisée par M. Pasteur, ou suivant la méthode de sélection pratique. Comme partout, du reste, ces deux sortes de graines ont donné, là aussi, un plus grand nombre d'échecs que de réussites, et, en définitive, les cocons de nos races locales se sont toujours trouvés en très-faible minorité dans des récoltes, assez abondantes cependant, parce qu'elles étaient composées de cocons de races japonaises de première importance.

» Dans les départements du Gard et de l'Hérault, il en a été à peu près de même et ce sont aussi les graines du Japon qui ont donné, dans la plupart des cas, une récolte presque aussi abondante que celle de l'année dernière. J'ai pu remarquer là que bien des graines introduites pour cette campagne séricicole appartenaient à des races japonaises supérieures, car beaucoup des récoltes que j'ai vues se composaient de cocons de couleur verte, aussi beaux comme grosseur, finesse de tissu et richesse en soie que ceux de nos races locales jaunes.

» Là aussi les éducateurs qui ont voulu élever des vers de nos races locales ont remarqué la diminution d'intensité de l'épidémie. Ils ont constaté que la gattine (ou pébrine), qui était d'abord la maladie dominante, sévissait très-rarement et que c'était la flacherie qui se montrait presque exclusivement.

» Cette ancienne maladie, non moins meurtrière que la gattine, en diffère parce qu'elle ne sévit pas dès le début des éducations et à tous les âges des vers, mais qu'elle ne les atteint qu'à l'approche du moment où ils

(1) Rhône, Vaucluse, Drôme, Gard, Hérault, Aveyron, Lozère, Bouches-du-Rhône, Alpes-Maritimes, Var et Basses-Alpes.

vont faire leur cocon. Ainsi que le disait devant moi, au Vigan, M. le marquis de Ginestous, propriétaire de mûriers et sériciculteur éminent, ces vers peuvent être comparés aujourd'hui à des hommes atteints d'une épidémie, qui succombaient d'abord jeunes et dont le mal, diminuant d'intensité, ne les fait actuellement mourir qu'à un âge plus avancé.

» Si l'intensité de l'épidémie commence à faiblir dans les localités dont je viens de citer quelques-unes, on peut dire qu'elle est sur le point de disparaître dans beaucoup de localités des départements du Var, des Alpes-Maritimes, et des Hautes et Basses-Alpes (1). En effet, dans ces contrées, et déjà depuis plusieurs années, on ne voit presque plus de ces cocons verts de races japonaises, et toutes les récoltes sont composées de ces beaux cocons jaunes dont la valeur est supérieure sur les marchés. Presque toutes les éducations réussissent, comme dans les temps antérieurs à l'invasion de l'épidémie, et les échecs sont rentrés dans les proportions anciennes, provenant des mêmes causes, telles que défaut de soins bien entendus, mauvaise disposition des locaux, etc. Là presque tous les éducateurs intelligents et soigneux, qui font leur graine suivant les procédés d'une bonne sélection, réussissent. Les *vastes grainages* même, condamnés cependant par tous les éducateurs prudents, produisent assez souvent de bonnes graines, quand ils sont exécutés par des sériciculteurs consciencieux et habiles, soit d'après la méthode scientifique, soit par la simple sélection pratique; les uns et les autres, surtout dans ces contrées, donnent une assez bonne proportion de réussites.

» La diminution d'intensité de l'épidémie des vers à soie est donc chaque année plus évidente, et l'on peut espérer que bientôt notre sériciculture sera complétement rentrée dans son état normal. Si nous ne vendons pas de graines aux Chinois et aux Japonais, du moins nous pourrons nous abstenir de leur en acheter. »

A 5 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 6 heures un quart. D.

---

(1) Il en est de même dans les Pyrénées, en Espagne, en Toscane, etc., et c'est pourquoi toutes les méthodes de grainage y réussissent.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu, dans la séance du 23 juin 1873, les ouvrages dont les titres suivent :

Des régions botaniques de l'Hérault, avec une appréciation préliminaire des causes qui nous privent, depuis un siècle, d'une flore de Montpellier; par M. H. LORET. Montpellier, typ. Boehm, 1873.

Note sur cinquante plantes des herbiers de Montpellier et quelques autres espèces nouvelles pour la flore de l'Hérault; par M. H. LORET. Paris, Martinet, sans date; br. in-8°.

De l'obésité et de son traitement; par le Dr L. VACHER. Paris, Savy, 1873; br. in-8°.

The quarterly Journal of the geological Society; vol. XXIX, n° 114. London, Longmans, Green, Reader and Dyer, 1873; in-8°.

L'Académie a reçu, dans la séance du 30 juin 1873, les ouvrages dont les titres suivent :

Ostéographie des cétacés vivants et fossiles, etc.; par MM. VAN BENEDEN *et* P. GERVAIS; liv. 9 et 10. Paris, A. Bertrand, 1873; in-4°, texte et planches.

Compte rendu des travaux de la Société de Médecine, Chirurgie et Pharmacie de Toulouse, depuis le 12 *juin* 1872 *jusqu'au* 11 *mai* 1873; 73e année, 1873. Toulouse, imp. Douladoure; 1873; in-8°.

De la galvanocaustie thermique; par le Dr E. BOECKEL. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1873; in-8°.

Traité de l'aspiration des liquides morbides, etc.; par le Dr G. DIEULAFOY. Paris, G. Masson, 1873; in-8°. (Présenté par M. Cl. Bernard pour le Concours Montyon, Médecine et Chirurgie, 1873.)

Nouveau Dictionnaire de Médecine et de Chirurgie pratiques, publié sous la direction du Dr JACCOUD; t. XVII : GROS-HU. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1873; in-8°.

H. DE PARVILLE. *Causeries scientifiques;* 12e année, 1872. Paris, J. Rothschild, 1873; in-12.

La genèse des espèces. Études philosophiques et religieuses sur l'Histoire natu-

relle et les naturalistes contemporains; par H. DE VALROGER, prêtre de l'Oratoire. Paris, Didier et Cie, 1873; in-12.

Tables pour le calcul des conduites d'eau d'après les formules de Darcy; par J. GAY. Zurich, 1872; br. in-18.

Étude préhistorique sur la Savoie, spécialement à l'époque lacustre (âge du bronze); par A. PERRIN. Paris, C. Reinwald; Chambéry, A. Perrin, 1870; in-4°, texte et planches.

Mémoires de la Société d'émulation du Doubs; 4e série, t. VI, 1870-1871. Besançon, imp. Dodivers, 1872; in-8°.

Mémoires de l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Savoie; 2e série, t. XII. Chambéry, imp. F. Puthod, 1872; in-8°.

E. DIAMILLA-MULLER. *Letture scientifiche per il popolo italiano;* Lettura IX : *Le aurore polari*. Milano, Dumolard; Parigi, Gauthier-Villars, 1873; in-12.

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES REÇUES PAR L'ACADÉMIE PENDANT LE MOIS DE JUIN 1873.

Annales de l'Agriculture française; juin 1873; in-8°.

Annales du Génie civil; juin 1873; in-8°.

Annales industrielles; n°s 23 à 26, 1873; in-4°.

Association Scientifique de France; Bulletin hebdomadaire, n^{os} des 1, 8, 15, 22, 29 juin 1873; in-8°.

Bibliothèque universelle et Revue suisse; n° 186, 1873; in-8°.

Bulletin de l'Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique; n° 5, 1873; in-8°.

Bulletin de la Société Botanique de France; Revue bibliographique E, 1873; in-8°.

Bulletin des séances de la Société entomologique de France; n°s 3 à 5, 1873; in-8°.

Bulletin du Comice agricole de Narbonne; n° 6, 1873; in-8°.

Bulletin des séances de la Société centrale d'Agriculture de France; n° 6 1873; in-8°.

Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale; juin 1873; in-4°.

Bulletin de la Société de Géographie; mai 1873; in-8°.

Bulletin de la Société Géologique de France; n° 2, 1873; in-8°.

Bulletin général de Thérapeutique; n^{os} des 15 et 30 juin 1873; in-8°.

Bulletin mensuel de la Société des Agriculteurs de France; n° 6, 1873; in-8°.

Bullettino meteorologico del R. Osservatorio del Collegio romano; n° 5, 1873; in-4°.

Chronique de l'Industrie; n°s 70 à 73, 1873; in-4°.

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences; n°s 22 à 26, 1er semestre 1873; in-4°.

Gazette de Joulin, n°s 17 et 18, 1873; in-8°.

Gazette des Hôpitaux; n°s 63 à 75, 1873; in-4°.

Gazette médicale de Paris; n°s 23 à 26, 1873; in-4°.

Gazette médicale de Bordeaux; n° 11, 1873; in-8°.

Iron, n°s 21 à 24, 1873; in-4°.

Journal de la Société centrale d'Horticulture; mai 1873; in-8°.

Journal d'Agriculture pratique; n°s 23 à 26, 1873; in-8°.

Journal de l'Agriculture; n°s 217 à 220, 1873; in-8°.

Journal de l'Éclairage au Gaz; n°s 11, 12, 1873; in-4°.

Journal de Mathématiques pures et appliquées; juin 1873; in-4°.

Journal de Pharmacie et de Chimie; juin 1873; in-8°.

Journal des Connaissances médicales et pharmaceutiques; 15 et 30 juin 1873; in-8°.

Journal des Fabricants de Sucre; n°s 8 à 11, 1873; in-folio.

Journal de Physique théorique et appliquée; juin 1873; in-8°.

Journal médical de la Mayenne; n° 3, 1873; in-8°.

Kaiserliche... *Académie impériale des Sciences de Vienne;* n°s 12 à 15, 1873; in-8°.

L'Abeille médicale; n°s 23 à 26, 1873; in-4°.

L'Aéronaute; mai 1873; in-8°.

L'Art dentaire; juin 1873; in-8°.

L'Art médical; juin 1873; in-8°.

L'Imprimerie; mai 1873; in-4°.

La Nature; n°s 1 à 4, 1873; grand in-8°.

La Revue médicale française et étrangère; n^{os} des 14, 21, 28 juin 1873; in-8°.

La Tempérance; n°s 1 et 2, 1873; in-8°.

La Tribune médicale; n°s 251 à 254, 1873; in-8°.

Le Gaz; n° 12, 1873; in-4°.

Le Messager agricole; n° 5, 1873; in-8°.

Le Moniteur de la Photographie; n°s 11 à 13, 1873; in-4°.

Le Moniteur scientifique-Quesneville; juin 1873; gr. in-8°.

Les Mondes; n°s 6 à 9, 1873; in-8°.

Magasin pittoresque; juin 1873; in-4°.

Marseille médical; nos 5 et 6, 1873; in-8°.

Matériaux pour l'histoire positive et philosophique de l'homme; liv. 2, 1873; in-8°.

Montpellier médical. Journal mensuel de Médecine; juin 1873; in-8°.

Monthly... *Notices mensuelles de la Société royale d'Astronomie de Londres;* novembre 1872 et mai 1873; in-8°.

Nouvelles Annales de Mathématiques; juin 1873; in-8°.

Proceedings of the London mathematical Society; nos 54, 55, 1873; in-8°.

Rendiconto della R. Accademia delle Scienze fisiche e matematiche; Napoli, n° 5, 1873; in-4°.

Répertoire de Pharmacie; nos 11 et 12, 1873; in-8°.

Revue d'Artillerie; juin 1873; in-8°.

Revue bibliographique universelle; juin 1873; in-8°.

Revue des Eaux et Forêts; juin 1873; in-8°.

Revue de Thérapeutique médico-chirurgicale; n° 12, 1873; in-8°.

Revue hebdomadaire de Chimie scientifique et industrielle; nos 22 à 24, 1873; in-8°.

Revue maritime et coloniale; juin 1873; in-8°.

Revue médicale de Toulouse; juin 1873; in-8°.

Revue scientifique; nos 49 à 52, 1873; in-4°.

Revue des Sciences naturelles; t. II, n° 1, 1873; in-8°.

Société d'Encouragement. Comptes rendus des séances; nos 9, 10, 1873; in-8°.

Société des Ingénieurs civils; n° 10, 11, 1873; in-4°.

The Canadian patent office record; nos 1, 2, 1873; in-8°.

The Food Journal; n° 41, 1873; in-8°.

ERRATA.

(t. LXXVI, 1er semestre de 1873).

Page 498, ligne 7, après les mots : *Leçons sur l'élasticité*, ajouter : et où q désigne $Sm\xi$.

» ligne 15, *au lieu de* Ψ, *lisez* ψ.

Page 499, ligne 3, *au lieu de* $V = A$, *lisez* $V^2 = A$.

» ligne 10, *au lieu de* § 22, *lisez* § 23.

Page 504, ligne 18, *au lieu de* $\mathfrak{E}^1 = \mathfrak{E}\varphi$, *lisez* $\mathfrak{E}^1 = \mathfrak{E}^2\varphi$.

Page 505, ligne 13, 2e formule, *au lieu de* K, *lisez* K^2; 3e formule, *au lieu de* V, *lisez* V^2.

Page 724, lignes 1 et 5, *au lieu de* N et de τ_i, *lisez* N_i et T_i.

FIN DU TOME SOIXANTE-SEIZIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JANVIER — JUIN 1873.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME LXXVI.

A

B

C

D

E

F

H

I

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

Z

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

I

J

K

L

M

N

Q

R

S

T

V

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
Paris. — Quai des Augustins, 55.